创客

新工业革命

Chris Anderson
[美] 克里斯·安德森 著
萧潇 译

MAKERS

《长尾理论》、《免费》作者
克里斯·安德森最新作品

THE NEW INDUSTRIAL REVOLUTION

中信出版社·CHINACITICPRESS

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.com

创客

新工业革命

Chris Anderson

[美] 克里斯·安德森 著

萧潇 译

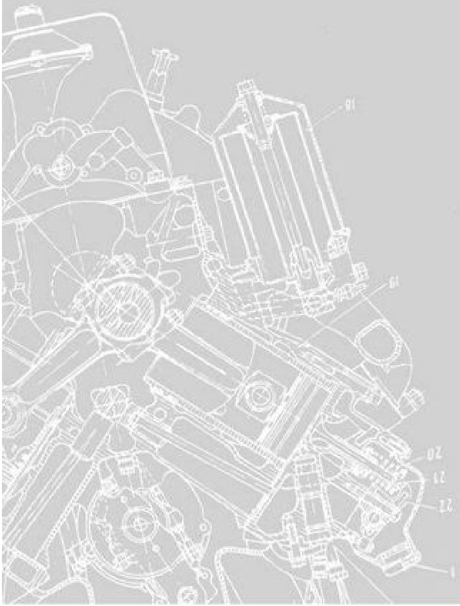
MAKERS

《长尾理论》、《免费》作者

克里斯·安德森最新作品

THE NEW INDUSTRIAL REVOLUTION

中信出版社·CHINACITICPRESS



创客

新工业革命

[美] 克里斯·安德森 著

中信出版社

版权页

图书在版编目（CIP）数据
创客：新工业革命／（美）安德森著；萧潇译. —北京：中信出版社，2012.11
书名原文：Makers: The New Industrial Revolution
ISBN 978-7-5086-3624-5
I. 创… II. ①安… ②萧… III. 产业革命 - 研究 - 世界 - 现代 IV. F419
中国版本图书馆CIP数据核字（2012）第251986号
MAKERS: THE NEW INDUSTRIAL REVOLUTION by Chris Anderson
Copyright © 2012 by Chris Anderson
Simplified Chinese translation copyright© 2012 by China CITIC Press
All rights reserved

创客：新工业革命
著 者：[美] 克里斯·安德森
译 者：萧 潇
策划推广：中信出版社（China CITIC Press）
出版发行：中信出版集团股份有限公司（北京市朝阳区惠新东街甲4号富盛大厦2座 邮编 100029）（CITIC Publishing Group）
承印者：北京通州皇家印刷厂
开 本：787mm×1092mm 1/16 印 张：18.25 字 数：264千字
版 次：2012年11月第1版 印 次：2012年11月第1次印刷
京权图字：01-2012-7735 广告经营许可证：京朝工商广字第8087号
书 号：ISBN 978-7-5086-3624-5 / F·2756
定 价：45.00元

版权所有·侵权必究
凡购本社图书，如有缺页、倒页、脱页，由发行公司负责退换。
服务热线：010-84849555 服务传真：010-84849000
投稿邮箱：author@citicpub.com

纸书购买请点击：
当当　亚马逊　京东

谨以此书献给

卡洛塔·安德森

我希望本书能以其绵薄之力为中国制造业的改变做出一些贡献。就像阿里巴巴网站协助打开了中国制造业的大门，我希望“创客运动”也能够在中国生根发芽。开源创新是互联网胜利的秘密所在，我认为它也会是下一次工业革命的引擎。中国主导了20世纪的制造工业，开源创新将是中国在21世纪继续主导制造业的必经之路。

——克里斯·安德森

推荐序一

“创客运动”让未来大不同

如果谈及免费经济模式、长尾理论等理论，恐怕科技领域无人不知。令人称奇之处在于，这些影响深远的理论均由美国《连线》杂志主编克里斯·安德森提出。

安德森被誉为“信息时代的精神领袖”，他有关互联网经济的理论为全球科技业界称赞。安德森从2001年开始担任数字世界号角《连线》杂志的主编，在其领导下，《连线》杂志获奖无数。

本书正是得益于安德森在担任《连线》杂志主编期间受到启发所产生的灵感，相信这将是其又一力作。

几年前，我和安德森有过交流，我从事互联网10多年，一直是坚定的互联网免费主义者，360也正是从免费安全起步，以此积累了数亿用户，并在此基础上构建了有效的商业模式，这是全球第一个基于免费安全的商业模式。在安德森总结出互联网免费模式之前，360和其他互联网公司一直在这方面进行实践。

这一次，与《免费》（Free）不同，安德森将视野从数字世界拓展到了实体世界。

数字世界的革命固然玄妙，但其经济规模和在人们生活中的重要程度直到今天仍旧不能与实体世界同日而语。安德森关注到，“创客运动”是让数字世界真正颠覆实体世界的助推器。

他认为“创客运动”是一种具有划时代意义的新浪潮，将实现全民创造，推动新工业革命。其中，每一个进行或参与创造的人都可以被称作“创客”。以往，凭借准入门槛低、快速创新、创新精神强烈的优势，商业互联网模式所向披靡；现在，如何将这种模式转移到制造业显得尤为关键。

的确，网络时代最重要的改变就是我们有了可以在线分享的新工具。这无疑将大众的准入门槛大为降低，使创新的速度和频率加快。

虽然制造业在过去的一个世纪中发生了前所未有的变化，但在安德森看来，这种变化还不够彻底，或者说还不够翻天覆地。因为制造业始终把持在大企业和专业人士手中，从未向所有人真正完全开放。

既往，由于专业知识、特制设备以及大规模生产成本因素，大众进入制造业受到严重制约；眼下，这种桎梏却正在逐渐消失。

创客时代的制造业变革不在于更改制造过程，而是由谁制造的问

题。全民创造的DIY魅力或将远远大于大企业和商业巨头的大包大揽。

安德森如此总结全民创造的魅力，在线分享为他人带来了灵感，也创造了合作机会。全球“单打独斗”的创客因为这样的方式而联结在一起，“制造”本身也就形成了一种运动。成百上千万热爱DIY的人由此摇身一变，从各自为政转换到携手向前共同创造。

无疑，在线分享环节在其中起到了不可或缺的推动作用，归根结底是数字革命在颠覆传统制造业。这种在线分享让制造环节逐步迈向数字化操控。为数众多的实体物品和制造工艺借由数字化浪潮纷纷涌上了屏幕端，以各种设计图、可视化的操作步骤图谱呈现，再经由网络分享给大众。桌面3D打印、桌面数控机器、桌面激光切割、桌面数控绣花、编织及绗缝……不胜枚举，这些无一不是将实体世界数字化。桌面制造业为创客运动的兴起奠定了坚实的基础。

这就意味着，这些能够在屏幕端完成的制造操作过程蕴藏着由普通人完成的无限可能。因为这种个人制造绝非小打小闹，众多个人制造联合推动全民创造，它将直接加快向工业化趋势发展的步伐。创客运动的拥趸因此信心十足，正如多克托罗所说：“桌面上的钱就像小小的磷虾：无数的创业机会等待着有创意的聪明人去发现、去探索。”

更关键的是，“大家一起动手”拥有成为创新引擎的可能。全民创造极有可能涌现出的层出不穷的创意，而这些创意又通过在线分享再次传播，进入一种正向循环。

基于此，安德森给了第三次工业革命全新的解读——“创客运动”的工业化，即数字制造和个人制造的合体。如果想对“创客运动”有更深层的了解，抑或对我的介绍意犹未尽，安德森的《创客》绝对值得一读，你将由此发现未来果真大不同！

周鸿祎

奇虎360董事长

新人

安德森的外公豪瑟是最早的创客，是一个把创造性的设计付诸实践的人。他设计了自己的花园喷灌系统，并将它变为专利，实现了产业化。今天，正有成千上万的企业家从“创客运动”中涌现，将DIY（自己动手）精神产业化。

DIY开启了自主劳动的先声。人类第一次摆脱了对生产资料系统（重资产）的依赖，仅仅凭着自己的头脑这个轻资产，就可以把创意高效能地变为现实。

这是人性上的一个突破，它重新定义了“自由”这个词的含义。在工业时代，自由要靠两样个人无法具备的重资产：一是“自由依赖于税”，这是霍尔姆斯的观点；二是“自由依赖于资本”，这是弗里德曼的观点。

而豪瑟既没靠税，也没靠资本，他单枪匹马地开创了自己的世界。有了互联网，人人都可以成为豪瑟，只不过单枪匹马演变成“孤独的狂欢”——既千军万马地互联着又单枪匹马地节点着。

像安德森所说：全球“单打独斗”的创客因为这样的方式而联结在一起，“制造”本身也就形成了一种运动。成百上千万热爱DIY的人因此突然由各自为政变成了携手向前。

历史上每次重大变革发生后，人们最后都会问：新人将是什么样的？

例如文艺复兴发生后，拉伯雷在《巨人传》中描述变革后形成的新新人类；工业化时期，歌德写出《浮士德》，揭示资产阶级新人的心路历程；俄罗斯走进新的历史时期，会有“新人”主题在思想界产生。互联网的变革现在终于引来了安德森同样的历史性思考：人将发生什么变化？

这就是安德森的新作《创客》的主题。

本书是互联网变革深化的标志。历史上，变革刚开始的时候，人们的注意力都在外边的热闹上，比如蒸汽机带来的船坚炮利、互联网带来的发财机会。变革深入后，人们才从向外看热闹转为向内看门道，反思：世界变了，我将怎么变？

与20世纪唐·泰普斯特提出的“网络世代”概念相比，创客更抓住新人的本质。网络世代还只是说网络原住民的技术特征，而创客说的是网络原住民的人本特征。

创客的实质改变在哪里呢？

我们先要找出创客的相反面是什么，那就是流水线上的工人，也可称为劳动力，他的具体形象就是卓别林在《摩登时代》里扮演的那个拧螺丝钉的工人查理。查理就等于豪瑟前面加上负号。

查理是泰罗制的科学管理塑造出的与创客180度相反的人：没有任何创造性，没有任何自主性。查理之所以成为"–创客"，原因很简单，因为生产工具不受查理控制，相反，生产工具控制着查理。

而有了互联网，查理可以变为豪瑟，道理也很简单。一方面，正如作者所说，"我们都是创客，生来如此（看看孩子对于绘画、积木、乐高玩具或是做手工的热情），而且很多人将这样的热爱融入了爱好与情感之中"。互联网移去了对创造性的压制，使人的创造本能得以释放。另一方面，生产工具可以零成本复制，将极大降低个体从事创造活动的固定成本。如果在一个时代里，所有生产工具都可以像孙悟空吹汗毛一样，一吹变出一大堆，那么对人性最大的改变就是使原来看上去没有创造力的人瞬间变成创客——自主创造者。

现实正在朝这个方向演变：实体物品已经成为屏幕上的种种设计，而这些设计可以文件形式在线共享。最大的制造生产线也采用了MakerBot的语言（G编码），现实与虚拟之间可以随意转换。只要可以在电脑上完成，就意味着人人可以完成，这是制造业正在经历的改变。

安德森写道：如果马克思今天仍健在，一定会大为惊叹。关于"控制生产工具"的谈话就会变成这样：你（就是你！）可以轻击鼠标，然后就建立起工厂。

DIY制造业的兴起意味着什么？现在有个流行的概念——再工业化。再工业化很容易引起歧义。作为对全球金融危机的反省，再工业化表层的意思是，欧美金融业比重过大，应把转移出去的制造业再招回来。但如果把它理解为历史太进步了，因此要倒退回工业时代，却是错误的。在本书中，作为DIY制造业兴起的背景，作者已经指明了方向，不是重回传统制造业，而是发展人人可以参与的虚拟化的制造业。因此，未来不是虚拟经济的大退潮，反而是虚拟经济的新高涨。

由于在互联网上，制造业所需的重资产，如"所需的专业知识、设备以及大规模生产的成本消耗"，可以低成本复制分享，因此未来制造业可以采用同自动化相反的解决之道，即实现生产工具这种重资产与创造性劳动（创客）这种轻资产的分离，以APP Store的模式进行互补——把Store这种生产工具复制分享给创客，由APP开发者（也就是创客）通过创造性劳动提供回报（双方在市场博弈中目前已形成三七分成的利益分配关系）。

具体来说，安德森指出了"创客运动"具有三个变革性的共同点：

1.人们使用数字桌面工具设计新产品并制作出模型样品（“数字DIY”）；

2.在开源社区中分享设计成果、进行合作已经成为一种文化规范；

3.如果愿意，任何人都可以通过通用设计文件标准将设计传给商业制造服务商，以任何数量规模制造所设计的产品，也可以使用桌面工具自行制造。

这不是回到工业化，而是完全进展到更高层次的新商业文明状态。在历史向前看、看前走中，解决向后看、向后退解决不了的矛盾。安德森说：新一波“创客运动”中的重大机遇就在于保持小型化与全球化并存的能力，既有手工匠人的原始又具创新性，实现低成本的高技术。小处开始，大处成长。最重要的是创造出世界需要但尚未了解的产品，虽然这样的产品与旧模式的大众经济学可以说是格格不入。

一般劳动密集型产业都是低附加值、低创新性的，但创客形成的是高附加值、高创新性的劳动密集型产业，这才是所谓再工业化的正确方向。这条路是否可行呢？苹果的成功说明创客模式具有现实合理性。苹果不分享生产工具、依靠自动化时，不仅创造的就业少，自己也差点儿破产；分享了Store及其开发工具这些最重要的生产工具后，不仅创造了70万创客就业，自己赚的钱也超过了美国政府现金总和，相当于几十个国家的国民生产总值之和。如果采用安德森提出的方法，至少政府因财政负债而破产这种急迫之事可以轻松化解。

最后谈谈怎样理解《创客》一书中重点谈论的创客制造。

不懂互联网或粗通互联网的人看到这本书，也许会觉得，搞互联网的人怎么不谈互联网，谈起制造业来了。中国有句老话，叫大音希声。意思是音乐到了最高境界，就跟声音无关了。军事家到了最高境界，可能根本不会打枪。谈互联网到最高境界，也可以根本不谈互联网。

安德森为什么要谈制造业呢？不知大家有没有注意他说的一句话：“虽然软件和信息行业备受瞩目，但毕竟只能雇用少量人员。”他谈创客的出发点是对所有人，而不仅是与互联网技术行业有关的人。在这个境界中，各行各业都是互联网行业，不存在跟互联网无关的行业。因此互联网也就自动“消失”了。相当于“大音”自动“希声”了。

打个比方，什么叫货币经济？在工业资本主义早期，货币经济是指银行这个专门从事货币工作的地方创造的产值。银行规模多大，货币经济就多大。但到了深化阶段，国民经济所有部门、每笔交易都要通过市场交易，用货币结算，原来规模很大的物物交换所占比重越来越小，直至全部国内生产总值都用货币结算时，货币经济就覆盖了整个国民经济，就不再只是银行创造的那点儿产值和就业了。

同样，互联网只有像货币覆盖经济的各个部门一样，渗透进互联网

技术产业以外的各行各业，特别是制造业时，互联网经济才真正得以实现。本书的大部分篇幅都是在讲设计如何渗透制造，这令人联想到当年货币是如何渗透自然经济的过程。正是在这个意义上，安德森说：“数字革命已经进入了真实世界的核心部分，而且可能已经产生了最深远的影响。”谈实体世界不是倒退回工业化，而是更大的进步。因为虚拟经济不仅把虚拟产业覆盖了，而且把实体产业也渗透了。

曾几何时，通过想法改变世界异常艰难。未来的十年，当人们通过互联网把数据生产力用于创意时，信息将不仅用于认识世界，人们将用它改造现实世界。

就我个人的看法，在上述过程中真正改变人类的是意义。创意是对意义的表现，设计也是对意义的实现，创客本质上是进行意义创造的人。因此当创造意义的活动从实体经济中独立出来，又转回头赋予实体经济价值时，人类的社会基因就变了，变成新人。这是互联网带来的最伟大的改变。

姜奇平

中国社会科学院信息化研究中心秘书长、

《互联网周刊》主编

目 录

推荐序一 “创客运动”让未来大不同
推荐序二 新人
中文版序

第一部分 革命
- 第一章 发明革命
- 第二章 新工业革命
- 第三章 从历史到未来
- 第四章 现在，我们都是设计师
- 第五章 长尾效应

第二部分 未 来
- 第六章 变形工具
- 第七章 开源硬件
- 第八章 改造最大的工厂
- 第九章 开源组织
- 第十章 创客运动改变世界
- 第十一章 创客商业帝国
- 第十二章 云工厂
- 第十三章 DIY生物学
- 结语 制造业的未来

附录 21世纪大车间：如何成为数字创客
致谢

中文版序

在20世纪90年代末到21世纪初的这段时间，我为《经济学人》杂志工作，驻任香港；其间，在广东省蓬勃发展的工业区待过很长一段时间，参观那里的工厂，了解业务的发展进程。西方国家的公司乐于使用中国低价、高质的制造企业为其工作，公司代表通常是先飞往香港，雇用中介机构在中国内地寻求合适的制造企业进行合作。约定见面时间并获得相应文件后，公司代表会乘坐火车到达深圳，租车前往工厂参观。每次参观的过程都大同小异：带着翻译和工厂的人一起喝茶，互相熟悉；浏览工厂简介；去为参观特意打扫干净的工厂车间实地考察。

如果一切顺利，晚上会有工厂安排的宴请，大家说着不同的语言在嘈杂的环境中磕磕绊绊地闲聊。接下来的几天按部就班地开展工作：签订合同、准备信用证、交换银行账户细节信息。

不过，这都还是最容易处理的部分。之后要面对漫长的指导工作进程，包括无数份图纸与说明传真，通常会出现大量误解和翻译错误。然后还要多次往返公司本部与中国工厂之间，检查样品、修正错误。折腾了几个月之后，如果运气足够好，才终于能够进入实际生产环节。这样的痛苦过程实际上很正常，而且也算值得：中国制造的成本比西方制造要低得多，因此，穿越这个文化与物流迷宫的能力实在是21世纪商业人士的必备技能之一。

在香港工作的这段时间里，我认识了一位中国创业者，他对于简化上述生产流程提出了自己的想法。他在之前曾经到访美国，看到了互联网。我完全可以理解他当时的震惊程度，因为我第一次接触互联网时也有相同的感受。他回到中国后，通过拨号上网使用网页浏览器，终于在数个小时的漫长等待后打开了一个网页。由此，他决定做些什么，开办了中国早期的互联网公司。多年后，当互联网产业在中国开始腾飞，他决定使用互联网改变与工厂合作生产的进程。

这就是马云和他的阿里巴巴网站。阿里巴巴为工厂提供了一个展示自己的网络平台，简化了企业与工厂的合作流程，向小公司甚至是普通人打开了制造企业的大门。人们无须亲自飞往中国、进入工厂车间完成生产。我和马云第一次见面的时候，阿里巴巴网站尚未诞生；我记得我告诉过他那个主意不错，而且我很喜欢他给网站起的名字。无论如何，马云的活力四射、远见卓识和出色的英语沟通能力都给我留下了深刻的印象。我后来又见到了他的工作团队，同样令我印象深刻。我们一直保持联系，我见证了阿里巴巴、淘宝、支付宝等所有成就了今天的马云的发展。他与杰夫·贝佐斯、史蒂夫·乔布斯和埃隆·马斯克等罕见的创业奇才一样，在大多数人看来，他们的远见简直就是异想天开。可是这些人只是坚持己见，付诸实践，最终获得了很多人惊叹的成就。

时间快进10年，我现在是《连线》杂志的主编，住在加利福尼亚。我与几个孩子一起完成了不少有趣的项目，其中，机器人自动驾驶仪项目发展得相当不错。所以，我又登录阿里巴巴网站，希望找到能够大批量卖给我廉价小型电动机的制造商。

我发现，中国制造业在过去10年已经像马云预料的那样（而且是在他的推动下）发生了改变。阿里巴巴上不仅有很多可以出厂价向我出售电动机的制造商，而且他们还可以按照我的要求提供定制生产。通过几封电子邮件和即时消息联络之后（阿里巴巴的软件可以实现中英文的实时互译），一家公司指导我完成了各项设计选择，比如轴长和电机绕组等参数。一切谈妥之后，我只需要用信用卡或贝宝进行支付就可以了。

10天后，一个大大的箱子就送到了我的门口，里面是数千个我定制的小型电动机，用异型泡沫塑料整齐地包装、固定。每个电动机外面都覆有一层略油的薄膜，防止腐蚀；另附一张看上去非常正式的收据。最棒的是，这些电动机完全是按照我的设计制作，而价格不到零售产品的1/10。

这让人豁然开朗。我是一个普通人（而非一家公司），坐在加利福尼亚的家里轻点几个网页链接，就找到了一家中国工厂为我工作。不用长途飞行，不用开具信用证，甚至不要求我必须是一家公司，而且他们接受贝宝支付！

老旧的模式就此终结。送到我家门口的那个大盒子里蕴藏的经验清晰无误：全球供应链已经进入了网络时代，不仅面向公司，也面向个人敞开大门。制造业的准入门槛已经降低，一如从出版到广播各个领域曾经出现的情况。

这是一场工业革命得以发生的最后一块拼图。凭借3D打印机等数字生产工具和Arduino这样的实体计算平台，人们已经可以在自家桌面上制造精密复杂的产品原始模型，无须任何特殊技能。但从单个模型到大量产品生产仍然是一大挑战。现在，大规模生产也成为在线服务：我们有了云工厂！

当然，实际情况不像我说的那样简单。不过，阿里巴巴绝对是创业者快速、低成本进入生产环节的便捷之道——它是给Kickstarter（众投）一代的天赐礼物。但如果产品生产规模达到数十万件，还是需要亲自到中国工厂实地接洽。正如实体产品创新中“硬件就是新软件”的潮流所示，任何能够让创业者易于获得制造能力的手段都会对创新产生巨大的影响。

这对中国意味着什么？可能就是制造业的未来。阿里巴巴网站现象背后有三大动因：首先，中国的互联网一代已进入企业管理层，他们了解面向大众的重要意义；其次，数控机器等数字驱动工具越来越多地应用于自动化生产中，增加了生产灵活性与产品可定制性——小订单生产

与大批量生产难易程度相似；最后，此类小批量订单是低利润商品生产死螺旋的解决之道。定制产品更具特性的小型客户可以带来更高的利润，竞争程度却随之减弱。

由此看来，中国生产的变化恰恰完美契合了“创客运动”代表的由互联网推动的创新与创造的改变（也是本书的关注重点）。这确实不错，但问题是中国能否在创新领域也做出相同的贡献。开源硬件与所谓的深圳山寨文化之间有太多相似之处，但也有很多不同，其中就包括“回馈”型社会契约。

互联网创新模式的内涵之一是付出少许、获得更多。开源是这一模式的缺省状态。然而目前，以开源协作与合作为特点的“创客运动”仍然主要存在于西方社会中（中国也出现了一些突出的团队，比如专注于开源硬件的矽递科技）。

我希望本书能以其绵薄之力为中国制造业的改变做出一些贡献。就像阿里巴巴网站协助打开了中国制造业的大门，我希望“创客运动”也能够在中国生根发芽。开源创新是互联网胜利的秘密所在，我认为它也会是下一次工业革命的引擎。中国主导了20世纪的制造工业，开源创新将是中国在21世纪继续主导制造业的必经之路。敬请开卷展读！

第一部分 革命

第一章 发明革命

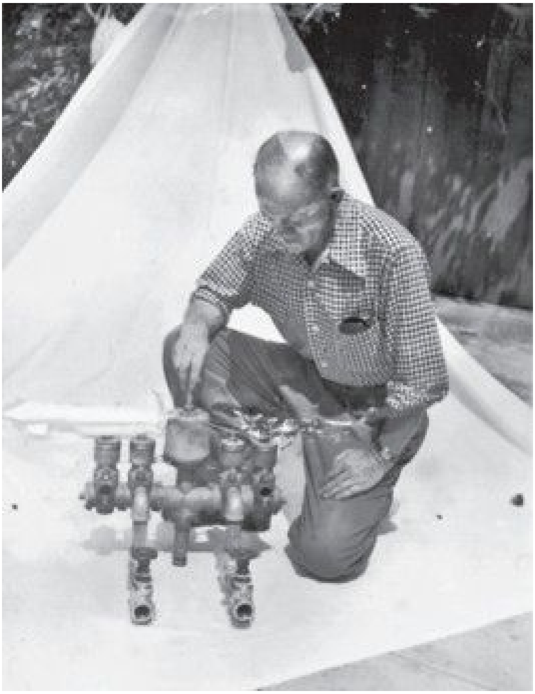
新一波“创客运动”中的重大机遇就在于保持小型化与全球化并存的能力：既有手工匠人的原始，又具创新性，实现低成本的高技术。小处开始，大处成长。最重要的是创造出世界需要但尚未了解的产品，虽然这样的产品与旧模式的大众经济学可以说是格格不入。

我的外公弗莱德·豪瑟（Fred Hauser）1926年从瑞士伯尔尼移民到洛杉矶，他接受培训成为一名机械师；大概是受瑞士机械制造传统影响，他有制表工匠的天赋。幸运的是，那时的好莱坞也刚刚起步，也像是某种机械工业，到处都是机械摄影机、投影系统，还有新的磁性录音带技术。外公在米高梅找到了一份录音技术工作，娶妻生女（我妈妈），在韦斯特伍德的一条小街上购置了一幢地中海风格的小房子。韦斯特伍德的每栋房子前都有一片绿茵茵的草坪，房子后面带有车库。

不过，外公可不只是一家公司的工程师那么简单。到了晚上，他就变身成发明家。他在脑海中构想各种机器，画出草图和机械图，然后制作出原始模型；还把家里的车库变成了工作室，逐渐配备了各种发明所需的工具：一台钻床、一台锉锯机、一台曲线锯、几台砂轮机，还有最重要的就是一台全尺寸金属车床。用这台神奇的机器，行家里手能把钢块或铝块变成各种精加工的“机械雕塑”，从凸轮轴到阀门，无所不包。

起初，外公的发明只是和白天的工作有关，包括各式各样的磁带传送装置。渐渐地，他的注意力转向了家门前的草坪。加利福尼亚充沛的阳光和当地人对修整草坪的狂热催生了蓬勃发展的喷灌系统产业，同时，随着人们的生活水平不断提高，大家纷纷把自家草坪“开膛破肚”，安装灌溉系统。自豪的房主们下班回到家里，马上就会拧开阀门，欣赏着弹出式转子、变流喷嘴和摇臂式喷头构成的水力魔法，看着它们在草坪上演绎出曼妙的水流之舞。这一切真是赏心悦目。不过，所有的操作都要人工完成；要是除了打开阀门什么都不用做，那就完美了。如果完全自动控制，应该不错吧？

外公对上述问题的回答就是1943年申请注册的“辅助阀门顺序运行系统”，专利编号2311108。这一发明专利是自动喷灌系统，主要通过电子钟控制水阀的开关。其最经典的程控方法至今仍能在电灯定时器和自动调温器中看到影子：“钟表”表面边缘是很多圈小孔，间隔五分钟。在任一小孔中插入插针，都会触动一个称为螺线管的电力传动器，拨动开启或关闭水阀，控制喷灌系统的对应部分。每一圆环代表灌溉网络中的不同分支部分，它们合力管理整个院落，包括前院、后院、露台和车道。



外公在自家院子里安装、测试了这一喷灌系统模型之后，申请了专利。专利申请的审批过程中，他开始探寻将该系统推向市场之路。这一过程充分体现了20世纪工业模型的局限之处。

曾几何时，通过创意改变世界异常艰难。发明新型捕鼠器无疑是个进步，但如果不能将其批量生产，就别奢望市场会主动敞开大门。正如马克思所说，权力掌握在控制着生产资料的人手中。尽管外公能够在他的小工作室里发明出自动喷灌系统，却无法亲自建立一座工厂将其投产。为了把发明投放到市场上，他必须找到愿意将发明市场化的生产商。这不仅困难重重，而且会导致发明者失去对该项发明的控制权。生产资料拥有者才有权决定生产何种产品。

最后，外公还是交了好运气——从某种程度来上说。南加利福尼亚州是新型家用灌溉用具产业的中心。经历了种种磨难之后，终于有一家叫做穆迪的公司同意生产外公的自动喷灌系统。“穆迪控雨器”在1950年投放市场，广告的卖点是房主可以安心到海边度周末，把家中的花园完全交由“穆迪控雨器”照顾、打理。产品的市场反响很好，公司随后又推出了更加精密的设计。该公司向外公支付专利权使用费，直至他的最后一项自动喷灌专利在20世纪70年代到期为止。



这是一个千载难逢的好机会。大部分发明家都只能在自己的工作室里孜孜不倦，并没有机会将发明投放市场。外公至少还有另外26项专利，可自动喷灌系统是他唯一实现商业化的发明。到他1988年去世时，我估计他只获得了几十万美元的专利权使用费而已。我还记得70年代，我小时候跟他一起去Hydro-Rain公司参观制造喷灌系统模型最终版本的情形。Hydro-Rain公司买下了穆迪公司，那里的人称外公为“豪瑟先生”，言语间毕恭毕敬，但很明显他们不知道他为什么要到公司去。买下该系统的专利使用权后，这家公司出品了自己的喷灌系统产品，它可大批量生产、经济实惠且外形美观。不过，这些喷灌系统和外公制作的原始模型没有丝毫相似之处，一如外公的原始模型与最初的设计草图之间有着天壤之别。

事情本该如此。Hydro-Rain公司是一家大批量生产产品的公司，要应对由价格和广告营销驱动的竞争力市场。而外公不过是个从瑞士移民到新大陆来的小老头儿，在自家车库改装成的工作室里搞出了一些发明，手里攥着已经过期的发明专利。他不是工厂的一分子，工厂也不需要他。我还记得从工厂开车回家的高速路上，在我们后面开车的一群嬉皮士向外公大喊，让他开快点儿。12岁的我觉得超级没面子，如果我的外公是20世纪资本主义的英雄，肯定就不会是那样的情形了，可他看上去就像一个迷失在现实世界里的补锅匠。

但外公的经历绝不是悲剧，而是那个时代难得的成功案例。在我的印象中（或是我能看到的部分，他像一位卡通造型的瑞士工程师，总是摆弄着绘图铅笔，而不善于与人交谈），他非常幸福快乐，而且按照他的标准来看，生活得十分舒适惬意。我觉得虽然我的继外婆（我外婆很年轻的时候就去世了）总是抱怨得到的专利权使用费太少，而外公又不跟那些公司计较。外公自己倒是觉得从专利中已经所获不菲，非常满意。无论如何，他都是一位卓有成就的发明家。外公去世后，我在他众多的专利文件中又找到了很多发明，包括炉灶定时器和类似录音电话的答录机。但我也发现，除了自动喷灌系统，再没有一项发明投放到市场上。

原因何在？因为他只是一位发明家，而不是企业家。这也是本书的核心。

一直以来，成为企业家谈何容易。诸如蒸汽机发明者詹姆斯·瓦特和马修·博尔顿等第一次工业革命中伟大的发明家/商人，他们不仅聪慧过人，而且占尽先机。他们中的大部分人不是拥有令人生羡的家庭背景，就是有幸成为精英人物的助手。那之后的很长一段历史时期内，杂货铺老板或是经营着地区内最不起眼业务的人都被称为“企业家”；偶尔有人冒出一些天上掉馅饼的冒险念头，那带来的就不是财富，而是毁灭了。

现在，我们已经被网络上俯拾即是的财富宠坏了。只要有想法，外加一台笔记本电脑，年轻人就能创立改变世界的公司——看看Facebook（脸谱网站）和其创始人马克·扎克伯格或是网络上成千上万想要复制扎克伯格的成功的年轻人。他们当然也会遭遇失败，但代价不过就是信用卡推迟还款，绝不会经受一辈子的难堪和穷困。

网络的美妙之处在于将发明工具和生产工具大众化。不管是谁想到了某个新点子，都可以凭借某些软件代码（现在，甚至连编程都并非必须了，需要什么可以直接在网上求教）将想法转变成产品，无所谓专利。然后，轻轻敲击键盘，就能将产品“运送”到拥有数十亿潜在客户的全球市场上。

也许很多人都已经注意到这点，而且心生欢喜；当然，也可能有人对此不满。或许有附带的商业模式，或许没有。财富也许可望而不可即，也许唾手可得。关键在于，从“发明家”成长为“企业家”的道路已经

大大地缩短，甚至完全不存在了。

确实，Y　Combinator这样的创业孵化器首先培养企业家，然后关注创业想法。他们的“创业学校”吸收聪敏的年轻人，要求不过就是用PPT做一个演示。进入“创业学校”之后，未来的企业家们会得到资金、白书写板和办公空间，在三周之内找到值得投资的想法。

大部分学员都能完成规定目标，说明网络创业的门槛之低以及参与者的天资之高。过去6年内，Y　Combinator已经资助了300家此类公司，包括Loopt、Wufoo、Xobni、Heroku、Heyzap和Bump，其中一些公司（比如DropBox和Airbnb）目前的身价已有几十亿美元，简直令人难以置信。实际上，我所在的康泰纳仕集团购买了一家此类公司Reddit，该公司目前的月页面浏览量已经突破20亿。Reddit目前由其第三团队管理，团队中大部分天才管理者只有20多岁。其中一些人还是职场新人，但已经到达了职业成功的巅峰。

这是一个比特的世界——数字领域内最基本的组成单元。网络时代解放了比特，它们的生产和传播都很廉价。想想有点儿匪夷所思，毫无重量的比特经济改变了从文化到经济所有事物的面貌。这可能就是21世纪的最主要特点（我已经就此撰写了若干本书），比特改变了世界。

但我们还是生活在原子世界中，这一世界也称为“地与物的真实世界”。不管信息工业如何膨胀，它还是世界经济的附属活动。根据花旗银行与牛津经济项目的研究数据，广泛定义的数字经济的收益约为20万亿美元，而网络之外的经济总量按照同样标准估测为130万亿美元。总之，原子世界的规模至少是比特世界的5倍。

我们已经看到了大众化创新的网络模型对于推动企业家成长和经济增长的作用。想象一下，相似的模型会对更大规模的实体经济产生怎样的影响。更确切地说，无须想象——这样的作用已经开始显现威力。这就是本书的中心内容。今天，正有成千上万的企业家从“创客运动”中涌现，将DIY（自己动手）精神工业化。我想，我的外公可能也会对今天的开源和在线“共同创造”感到困惑，但也会产生共鸣。说实话，我觉得他会感到自豪。

创客魔法

20世纪70年代，每年夏天我都从东海岸的家中前往洛杉矶的外公家，在他的小工作室里动手动脑，度过了童年中最快乐的时光。有一年春天，外公跟我说我们要一起制造一个四冲程汽油发动机，而且他已经订购了所需的工具包。那年夏天，我到洛杉矶时，一个大大的箱子早已等在外公的小工作室里。我之前已经做过了一些模型，这次依然兴奋地打开箱子，想着里面都是已经编好号码的零件，外加配套的组装说明。可是箱子里只有三个大大的金属块、一个粗糙的发动机外壳、一份折叠

起来的图纸。



“零件在哪儿？”外公指着那几个金属块说：“就在那儿呀。我们得自己动手。”于是，整个夏天我们都专心于此。我们按照图纸切割、钻孔、打磨、翻转那些金属块，制作曲轴、活塞和连杆、轴承，还有活门，就像是艺术家把一块大理石悉心雕琢成塑像。看着从车床上车下的铁屑在我脚下越堆越高，我不禁感叹工具和外公灵巧的双手的神奇伟大。我们用一大堆金属制作出了一台精密的机器，工作室简直就是一家无所不能的小型工厂。



我渐渐长大，不再去外公的小工作室，也淡忘了自己曾经对手工制作的热爱。这全都是电脑的错。我们是第一代拥有个人电脑的人，电脑呈现的世界对我的吸引力远远超过了外公能够制造的东西。我学习了编程，我的发明创造运用的是一组又一组代码，而非一块又一块金属。对我来说，和开启微处理器强大的力量相比，在工作室里敲敲打打根本不足挂齿。

重塑制造业

我在20多岁的时候开始了第二波“自己动手”。20世纪80年代初，我住在华盛顿，那是当时美国朋克摇滚运动的热点城市之一。Minor Threat和Teen Idles等乡村白人少年乐队纷纷涌现，在教堂的地下室里表演。尽管对乐器演奏一无所知，也毫无音乐天赋，我还是被朋克摇滚运动中的活力深深吸引，不时参加一些小乐队的演出。那可真是让我大开眼界。

当时所有的车库摇滚乐队只需要一把电吉他和一个扩音器即可，无一例外。但20世纪80年代朋克运动的独特之处在于，这些乐队不仅局限于演出，还开始热衷于发行。打印机在当时已经流行开来，也催生了一种杂志自己动手制作的“杂志”文化。这些自制的杂志在商店和演出场所分发，或通过邮局邮寄。乐队使用廉价的四轨录音机录制、混音，完全不需要专业的工作室。小型黑胶唱片工厂的蓬勃兴起为乐队小批量生产单曲和唱片提供了机会。他们通过邮购和地方商店出售自己的唱片。

DIY音乐业由此起步。音乐录制、生产和销售等主要品牌工具开始掌握在个人手中。最终，以Minor Threat和Fugazi为首的几个乐队开创了独立品牌Dischord，生产了数百张唱片，至今仍畅销不衰。他们无须为发行而放弃自己的音乐风格，也不需要大量出售或是在电台播放。他们有自己的乐迷群体，在乐迷间口口相传。大家通过邮购的方式订购在大部分商店不予出售的小众乐队的唱片。相对的隐蔽性保证了音乐的真实，也推动了全球地下文化的发展，这是当今网络文化的精髓。

从复印的传单到杂志、四轨录音带，再到独立品牌唱片，我的乐队全部都尝试过。我们从未壮大发展，但这不是重点。乐队成员白天都有自己的工作，但我们坚持做自己认为极具创新精神的事情。我们的演出有人观看，甚至还去了纽约和其他几个有独立音乐演出的城市巡回表演。正是从这样的独立乐队运动中，发展出了今日的另类摇滚世界。

二十五六岁时，我终于认清自己不具音乐天赋，于是改投其他领域。我重返大学学习；可能是为了弥补一些之前失去的时间，我选择了我认为最难的专业——物理学。虽然我在物理方面也并不出众，但这门学科却向我打开了互联网的大门。互联网最初只是用于学术实验室，全球各地的研究人员通过巨大、昂贵的设备彼此联络。

毕业之后，我先是在几个物理实验室工作，之后转而为《自然》和《科学》等科学期刊撰稿。此类期刊是当时学术界不可分割的组成部分，也是互联网的早期使用者。这样的经历开启了我“自己动手”的第三篇章——互联网。互联网于1990年在欧洲核子研究组织中诞生。首批互联网网站诞生后的几个月，我即有幸接触到了这一新生事物。看到互联网的第一眼我就知道，我终于在正确的时间找到了正确的领域。我亲眼见证了一种新媒体的诞生，我不仅融入其中，而且要尽我所能地推动其发展。

从初踏科学界到今天的《连线》杂志，数字革命早已成为我的事业。在网络时代中，DIY朋克运动里使用各种生产手段的人已经成为桌面出版、网站、博客和社交媒体的常规用户。独立发行的黑胶唱片变身为YouTube音乐视频。四轨录音机进阶到ProTools和iPad音乐应用。车库乐队一跃变成了苹果产品上的GarageBand软件。

30年之后的今天，我的思绪又回到了外公当年的工作室中。不是怀旧，也不是说我改变了对数字革命的看法，而是数字革命已经进入了真实世界的核心部分，而且可能已经产生了相当深远的影响。不仅仅是工作室、车间本身的变化（当然，它们现在变得不同凡响），更多的是普通人掌握了卓越的工具之后能够在实体世界中大展拳脚。

我们都是创客，生来如此（看看孩子对绘画、积木、乐高玩具或是做手工的热情），而且很多人将这样的热爱融入了爱好与情感中。这不只是一个小工作室、一间车库或是男人的私人空间那么简单。如果你喜欢烹饪，你就是厨房创客，炉灶就是你的工作台；如果你喜欢种植，你

就是花园创客。编织与缝纫、制作剪贴簿、串珠子或是十字绣，这些都是制作的过程。

这些活动闪现着人类的创意、梦想与激情。大部分人从未离开过家，这可能也不是件坏事。网络时代最重要的改变就是，我们有了可以在线分享的新工具。做了一件事情，那就录制下来。既然录制了，就传到网上去。既然已经上传了，就推送给朋友吧。在线分享为他人带来了灵感，也创造了合作的机会。全球“单打独斗”的创客因为这样的方式联结在一起，“制造”本身也就形成了一种运动。成百上千万热爱DIY的人们因此突然由各自为政变成了携手向前。

创意因为分享而被放大，项目由于分享发展为团队项目，其雄心壮志，任何个人都无法企及。而这些项目有可能就是产品、运动甚至产业的种子与萌芽，即便初衷并非如此，但“大家一起动手”确有成为创新引擎的可能。创意就是如此简单——在分享中传播。

这在网络的发展历程中已经屡见不鲜。第一代硅谷巨头们就是在车库中起家，但用了数十年发展壮大。现在，大学生们在宿舍里创业，不用等到毕业就能成就气候。原因不言而喻，电脑挖掘并放大了人类的潜能：不仅赋予人类创造的力量，而且使他们能够快速传播创意，创立社区和市场，甚至形成运动。

现在，实体世界也正经历着同样的事情。虽然我们对电脑充满了热情，也还是要生活在现实世界中：我们吃的东西、住的房子、穿的衣服和开的汽车，我们的城市和花园、办公楼与后院。我们的世界由原子构成，不是由比特搭建。

“原子”与“比特”这一结构来自麻省理工学院媒体实验室几位专业人士的思考与研究，由该实验室的创始人尼古拉斯·尼葛洛庞帝（Nicholas Negroponte）最早提出，目前该理论最著名的代表人物是尼尔·格申费尔德（Neal Gershenfeld）和麻省理工学院比特和原子研究中心。“比特”与“原子”简要描述了软件与硬件或是信息技术与其他一切事物之间的分别。现在，两者之间的区别逐渐模糊，越来越多的日常事务中融入了电子学，通过网络彼此相联，形成了所谓的物联网。这正是我们要在此讨论的部分。但我们还要关注网络如何改变着生产制造，或将其称为“该死的世界经济引擎”。

总之，“工厂”的概念正在悄然改变。一如互联网实现了网络世界创新的大众化，从3D打印机到激光切割机等“快速制版”新贵工艺也把原子世界中的创新拉下了神坛。是不是觉得过去20年简直是不可思议？大可对未来拭目以待。

如果外公不是生在1898年，而是一个世纪后的1998年，他应该还是会在自家车库改建的小工作室里敲敲打打，他本性如此，创意无穷。但唯一不同的是，他的小工作室里会配备电脑和网络接口。这样的改变绝

对可以称为伟大！

如在今日，外公不会仅仅沉浸在自己的小世界中，而是与全球各地和他一样对DIY痴迷的人相互分享；不会从零开始发明创造，而是借鉴已有的种种成就，将数十年的工作浓缩在几个月内；也不会醉心于专利申请，而是像其他同好一样将自己的设计成果发布在互联网上。

如在今日，外公不会乞求为数不多的几个制造商将他的设计转化成产品，而是自己动手，实现梦想。他会把设计文件上传给那些从几十个到几万个产品都愿意制造的公司，这些公司甚至可以做到把产品直销给客户。鉴于他的设计文件均是电子格式，自动机器工具完全可以完成制造工序，节省了90%以上的工具作业成本。而且外公也不会再费心寻找经销商，只要建立自己的电子商务网站，客户通过网络搜索而非推销员，自然就会找上门来。

简而言之，如在今日，外公会成为一位企业家，而不仅仅是个发明家——这也是本书的主旨所在。过去20年，互联网的发展见证了网络创新与创业的极大繁荣，现在是将这样的繁荣从虚拟世界引向现实生活的时候了，而其作用与影响会更加巨大。

这正是我们所需。美国和其他西方国家都经受着就业危机。目前，发达国家的大部分经济增长均来自优化的生产力，即每个工人能够实现更高的产出。这个理论确实不错，但反映出的经济后果是如果能用更少的雇员实现相同或者更多的产出，就应该选择这样做。于是各家公司在经济复苏的同时，就业状况却没有出现同样喜人的好转。生产力确实不断增长，可数百万人仍处在失业的低谷。

大部分原因在于20世纪的头号雇主（也是一直以来通往中产阶级的必由之路）——制造业，在西方国家已经无法继续提供新的净就业机会了。虽然工厂生产量在美、德等西方国家仍然不断增加，但工厂能够提供的就业岗位占总体劳动力的比例已经降到历史最低点。一部分原因是自动化，另一部分原因是全球竞争导致的较小规模工厂纷纷被淘汰出局。

自动化因素无法消除，这是富裕国家大中型制造业企业能够运转的唯一途径（详见第九章），但小公司的角色却可以改变。一如新公司是技术世界内创新的推动力，地下文化是新文化的源泉，创业者和个人创新者的能量与创造力也可以重塑制造业，创造更多工作机会。

小公司一直是美国新就业机会的最大来源，但绝大部分小公司都缺乏创新性，而且仅仅固守于所在区域，例如干洗店、比萨店、小杂货店，都很难有所发展。新一波“创客运动”中的重大机遇就在于保持小型化与全球化并存的能力：既有手工匠人的原始又具创新性，实现低成本的高技术。小处开始，大处成长。最重要的是创造出世界需要但尚未了解的产品，虽然这样的产品与旧模式的大众经济学可以说是格格不入。

科利·多克托罗（Cory Doctorow）多年前创作了一部伟大的科幻小说，名字也叫《创客》（Makers）。这本书为我和其他众多“创客运动”的拥趸们提供了灵感。多克托罗在书中写道：“通用电气、通用磨坊以及通用汽车等大公司的时代已经终结。桌面上的钱就像小小的磷虾：无数的创业机会等待着有创意的聪明人去发现、去探索。”

欢迎进入新工业革命时代。

第二章 新工业革命

网络世界转向现实世界后到底会发生什么？

任何一个国家想要真正强大，就必须有坚实的制造业基础。即便发展至今，美国经济的1/4仍然是制造实体产品的制造业。如果将产品分销和零售都计算在内，则制造业占经济的比例将近3/4。服务型经济当然也具有优势，但如果经济中没有制造业的存在，一个国家就只剩下了银行业人员、服务员和导游。虽然软件和信息行业备受瞩目，但毕竟只能雇用少量人员。

20年的创新史可以用两句话概括：过去的10年，人们在找寻通过互联网创造、发明以及合作的新方式；未来的10年，人们将把这些经验应用于现实世界中。

本书就是关于未来的10年。

互联网可说是神妙奇幻，但仍不能与现实世界相提并论：无论是经济规模（电子商务的产品销量占总销售量的比例还不到10%），还是在我们生活中的位置。数字革命基本上局限于屏幕上。当然，我们喜爱各类屏幕：笔记本电脑、电视、手机，但我们生活在房子里，开车出行，在办公室上班。我们置身于实体物品之中，大部分都是制造业经济的产物。制造业在过去的一个世纪内发生了翻天覆地的变化，但仍有一点保持原样：与互联网不同，制造业从未向所有人完全开放。鉴于所需的专业知识、设备以及大规模生产的成本消耗，制造业一直都是大公司和专业人士的领域。

不过，一切即将改变。

原因何在？因为制造本身正处于向数字化转变的过程中：实体物品已经成为屏幕上的种种设计，而这些设计可以文件形式在线共享。过去几十年间，工厂和工业设计工作室经历了这样的转变；时至今日，这样的转变终于发生在客户的电脑上和地下室里。从零售业到出版业，一旦某一行业转向了数字化，就将经历深远的变革。最大的变化不是制造过程本身，而是谁在做。只要可以在电脑上完成，也就意味着人人可以参与，这正是制造业内现在经历的改变。

今天，任何人都可以把自己的发明或产品设计上传给某一服务商，将想法转化成现实。产品生产数量多少任选。设计者也可以选择利用3D打印机等功能强大的数字桌面制造工具，自己动手完成产品的制造。潜在创业者和发明家不再需要仰仗大公司实现自己的梦想。

这对互联网一代的吸引力与旧时作坊中的“叮叮当当”完全不同。与此同时，数字时代的原住民也开始渴求屏幕之外的世界。将虚拟的设计或想法转变为触手可及的实用产品，这样的满足感是纯粹的像素世界无法给予的。对“现实感”的需要最终演变成制造实物。

这不仅是推断或梦想，它已经可以在发展速度能够与第一次工业革命媲美的运动中切实地感受到，这一前所未有的运动就是互联网本身。

目前，全球有1 000个可以分享生产设备的“创客空间”，并且还在以惊人的速度不断增加：上海一个城市就有100个这样的“创客空间”。很多“创客空间”都由社区创立，也包括了采用类似于健身房会员制的小工

作室，称为“技术工坊”（TechShop），由金考快印公司的一位前高层负责，希望能够不断发展壮大。同时，为创客提供服务的网络市场Etsy也在逐渐完善并为更多人熟知：2011年，将近100万卖家在这个网站平台上销售自己的产品，销售额超过了5亿美元。每年有10万人聚集到圣马特奥的“创客博览会”分享成果，借鉴经验。全球有数十个类似的“创客博览会”。

鉴于“创客运动”的巨大影响力，奥巴马政府在2012年年初开展了一个新项目，将在未来四年内在1 000所美国学校引入“创客空间”，配备3D打印机和激光切割机等数字制造工具。从某种意义上说，这是学校小组活动课在网络时代的升级版回归，只不过不再是培训技能型蓝领工人的课程，而是由政府资助的高端制造业项目，旨在培养新一代的系统设计师和生产创新者。

同时，“创客运动”的另一组成部分“开源硬件”正对实体物品发挥着作用，其效果与软件界的开源类似。在线社区的程序设计员们创造了从大多数网站使用的Linux（利努斯）操作系统到火狐浏览器等众多软件，而创客社区的成员们在电子器件、科学工具、建筑甚至是农业工具方面也正做着同样的事情。目前，有数十家资产数百万的开源硬件公司（包括我自己的公司3D Robotics）。Arduino电子开发板等企业已经售出了100余万套产品。Google（谷歌）也加入了这一运动大潮，发布了可以联结数亿部使用安卓移动操作系统的手机和其他设备的开源硬件电子产品。

以文化迁移开始的运动（对新式数字样品成型工具的痴迷和对将虚拟现象转变为现实的渴望）已经开始演变成经济迁移。随着创业本能被唤醒，个人爱好成长为小公司业务，“创客运动”正在改变工业的面貌。

数千个创客项目在Kickstarter等“众投”网站上募集资金，仅2011年一年，就有将近12 000个成功的创客项目（从设计和技术到艺术等各个门类）募集了将近1亿美元（2012年预计能够达到3亿美元）。2011年，风险投资者向“众投”网站Kickstarter、3D打印机开源硬件制造商MakerBot以及3D打印服务商Shapeways分别注入了1 000万美元，同时还向另一创客平台Quirky注入了2 300万美元。

全球最大的几家专业产品设计和工程公司正将重点转至新型的创客市场。Autodesk（欧克特）、PTC（美国参数技术公司）和3D Systems等产业巨头发布了供业余爱好者甚至儿童使用的免费设计软件，同时提供了可将设计上传并制作成3D打印或激光切割成品的服务端。就像IBM（国际商用机器公司）在20多年前从公司主机业务转向个人电脑领域一样，大部分公司目前也认识到自己的前途其实掌握在普通人的手中，于是纷纷把目光从专业人士转向了普通百姓。

总之，“创客运动”已经兴起。

这一新兴运动的开展虽然还不满7年，但发展速度已经可以与个人电脑诞生初期相媲美。当时，“自制电脑俱乐部”的“车库工匠”在1975年创造了第一台个人台式机“苹果II型”电脑，开启了台式机计算的新纪元，也引发了新工业的大爆炸。

同样，“创客运动”也有类似的开篇创立意义的活动，比如出版了众多极客权威著作的传奇出版公司奥莱利在2005年推出了《爱上制作》杂志，还有在硅谷召开的首届创客博览会。2007年第一台开源桌面3D打印机RepRap（“复制快速原型机”缩写）的问世，是“创客运动”的另一里程碑事件。以消费者为中心的3D打印机制造商MakerBot由此诞生，激励着整整一代创客，为他们打开了桌面制造的全新未来，其影响力不亚于30年前第一台个人电脑带给人们的冲击。

创客联合阵线

“创客运动”的准确定义到底是什么？应该说它包含了非常宽泛的内容，从传统的手工艺到高科技电子产品，无所不包，很多活动已经存在了相当长的时间。但创客们（至少是本书中提及的创客们）却在做着完全不同的事情：首先，他们使用数字工具，在屏幕上设计，越来越多地用桌面制造机器制作产品；其次，他们是互联网一代，所以本能地通过网络分享成果，通过将互联网文化与合作引入制造过程，他们联手创造着DIY的未来，其规模之大前所未见。

互联网教我们懂得“网络效应”的力量：将人与想法联结起来，它们就会发展壮大。这是一个虚拟的循环：更多的人可以产生更多的想法与创意，反过来又吸引更多的人参与其中；如此循环往复，生生不息。凭借着这样的力量，Facebook、Twitter（推特）等成功的网络公司发展蒸蒸日上。创客们正在将DIY运动推向网络——“公众制造”，将网络效应规模不断扩大。

简而言之，“创客运动”具有三个变革性的共同点：

1.人们使用数字桌面工具设计新产品并制作模型样品（“数字DIY”）。

2.在开源社区中分享设计成果、开展合作已经成为一种文化规范。

3.如果愿意，任何人都可以通过通用设计文件标准将设计传给商业制造服务商，以任何数量规模制造所设计的产品，也可以使用桌面工具自行制造。两种途径同样方便，大大缩短了从创意到创业的距离，作用不亚于互联网为软件、信息和内容带来的革新。

每个国家都有实干家和发明家，但向数字领域的迁移改变了将创意和发明实物化与商业化的能力。全世界的车间与工坊，团结起来！

今天的“创客运动”就相当于1985年的个人电脑革命——在车库中诞生的发明向有史以来的统治秩序发起颠覆性的挑战。那时，工业技术的突然解放激发了喷薄欲出的想象力与势不可当的预测（今日亦是如此）。“创客运动”的领军人物们与史蒂夫·乔布斯遥相呼应。乔布斯在个人电脑中不仅看到了创办一家公司的巨大商机，更看到了能够改变世界的力量。

请不要忘记：乔布斯是对的。

确实，乔布斯本人也从自己的创客养成经历中受益匪浅。史蒂芬·列维（Steven Levy）在为《连线》杂志的撰文中阐明了这样的内在联系对1977年“苹果II型”电脑诞生的促进作用：

他的父亲保罗是名机械师，甚至没能完成高中学业。父亲把工作台的一部分留给了史蒂夫，教他如何制作东西，拆开再重新组装。从在硅谷电子公司工作的邻居那里，史蒂夫了解了那个领域，知道了电视机这样的东西并不只是能在家中放映节目的神奇商品，它是人类苦心创造的智慧结晶。他在一次访谈中说：“我有了充足的自信，相信通过探索与学习，总能了解貌似复杂的东西。”

后来，当乔布斯与他的苹果公司合伙人史蒂夫·沃兹尼亚克（Steve Wozniak）成为“自制电脑俱乐部”的成员之后，他们看到了桌面工具（当时是个人电脑）的潜在价值。这些工具不仅能够改变人类的生活，更能够改变世界。

斯图尔特·布兰德（Stewart Brand）给了乔布斯和沃兹尼亚克最初的灵感。布兰德是从20世纪60年代幻觉文化中走来的一分子，与早期的硅谷幻想家们一同致力于推动技术发展，赋予其“计算机解放”的形式，以毒品无法企及的方式解放人类的思想与智慧。

沃尔特·艾萨克森在《乔布斯传》（Steve Jobs: A Biography）中这样描写布兰德在今日“创客运动”起源中起到的作用：

布兰德经营着一桩名为“全球卡车商店”的生意，刚开始只是一辆四处游荡的卡车，出售各种很酷的工具和教育材料。1968年，为扩大影响范围，他创立《全球概览》。创刊号的封面就是那张著名的从太空拍摄的地球照片，副标题是“通往工具之路”，潜在的含义是科技也能成为人类的朋友。布兰德在创刊号的第一页上写道：“一个关乎私密的个人力量的领域正在蓬勃发展——这样的力量可以让个人实现自己的教育，找到自己的灵感，塑造自己的环境，与任何感兴趣的人分享自己的经历。《全球概览》的宗旨就是寻找和推广可以协助这一发展进程的工具。”巴克敏斯特·富勒（Buckminster Fuller）紧随其后写了一首诗，开头是这样的：“我在那些可靠的工具和器械中看到了上帝……”

乔布斯和沃兹尼亚克在“自制电脑俱乐部”中创造了第一台苹果电脑。该俱乐部正是建立在上述原则标准之上。现今，这样的准则在千百

个“创客空间”内得以延续，每个“创客空间”都在凭借21世纪的工具推动同样的社会与经济革命性变革。

真正的国家要制造产品

任何一个国家想要真正强大，就必须有坚实的制造业基础。即便发展至今，美国经济的1/4仍然是制造实体产品的制造业。如果将产品分销和零售都计算在内，则制造业占经济的比例将近3/4。服务型经济当然也具有优势，但如果经济中没有制造业的存在，一个国家就只剩下了银行业人员、服务员和导游。虽然软件和信息行业备受瞩目，毕竟只能雇用少量人员。

一些人会说我们“生活在网络中”，可只要涉及日常生活，就根本不是那个情况了。我们的商业生活主要还是存在于由砖石瓦块、食品衣物、汽车住房构成的现实世界里，而且直到我们真能够像科幻小说中描写的那样把大脑分解之后装在桶里，我们还是要生活在现实世界中。比特令人激动，可谈论到总体经济时，还是要回到原子世界里来。

然而，较高的劳动力成本使西方富裕国家的制造业生存日渐艰难。鉴于亚洲国家的劳动力成本优势，大量工厂外迁至此，导致美国制造业雇员的绝对数量和占总劳动人口的比例都处于世纪最低水平。更糟糕的是，整整一代美国人已经把进工厂当工人从职业选择中彻底剔除，于是那些有意雇用工人的工厂发现很难找到合格的工人。曾经塑造了美国中产阶级的行业目前已被视为处于弥留时期（稍后我们会看到情况并非如此。但因为没有重新安排，表象风险成为现实）。在工厂中工作听上去乏味、危险、毫无前途。

但我们今天可以逆向而行。当然不是要重走大型工厂的老路，把人们拖回工人密集的旧工厂里去。我们要建立一种类似于互联网的新兴制造业经济：自下而上、广泛分布、富有进取精神。

只要创意足够好，就能在互联网上成功开办一家公司——这似乎已经是老生常谈。那是因为在网上几乎没有能够阻挡创业的障碍：只要有一台笔记本电脑和一张信用卡，就能开始创业。

但制造业一直都是另一种面貌。制造产品成本高昂：从机械加工到供应链管理，每一个步骤都需要相应的设备与技能。通常需要巨额的先期投资，而稍有不慎就会导致库存积压。网络创业中的失败可能还是成功的基石，毕竟创业成本相对低廉，但产品制造中的失败意味着彻底的破产。既然原子有质量，那么原子世界内的失败就会后果严重。关闭一家网站，不会有人在意；关闭一家工厂，就会有很多人失业，背负债务的人会长久不得解脱。

也许，这些都只是曾经的情况。过去几年间，发生了一些奇妙的事

情。制造实体产品的过程越来越像制造数字产品。智慧超群的人凭借着小小的互联网接口和创意改变了世界，也正在影响着实体制造业。

DIY制造业

为什么要这样？因为商业制造业本身已经像互联网一样数字化、网络化了，而且更加开放。最大的制造生产线也采用了MakerBot的语言（G编码），现实与虚拟之间可以随意转换。由此，全球制造业可以以任何规模运行，无论是单个产品还是以百万计的产品，都可以生产。定制与小批量不再是痴心妄想，实际上，它们才是制造业的未来。

就像你可能已经使用的Picasa或iPhoto等照片管理软件，你可以通过菜单选择自己在桌面打印机上打印照片，或是上传给专业的照片处理服务商打印，或是放入相册中。桌面CAD（计算机辅助设计）工具也具有相同的功能，你可以借此设计出屏幕上的三维产品。使用CAD软件完成设计之后，可以选择“本地打印”（使用3D打印机或其他桌面制造工具打印出设计模型）或“全球打印”（将三维设计图发送给专业服务商，批量制造）。唯一的不同是，选择“全球打印”后，还需要提供信用卡信息或完成发票索取步骤，这与照片打印服务毫无二致。

能够选择本地或全球制造实在是个了不起的进步。这一简单的菜单操作将工业革命三个世纪以来的成果全部凝结在鼠标的一下点击之中。如果马克思今天仍健在，一定会大为惊叹。关于“控制生产工具”的谈话就会变成这样：你（就是你！）可以轻击鼠标，然后就建立起工厂。业余爱好者和企业家之间的区别只是软件的选择问题。制作1样东西还是1 000样东西，只是菜单选项和你愿意付多少钱的问题（或是你愿意在信用卡上刷掉多少钱的问题）。

Autodesk的123D免费CAD软件已经实现了这一设想，在菜单中设置了“制作”选项，通过这一选项可以在桌面模型和服务商间选择。随着时间推移，将会出现更多此类CAD软件，配备必要的软件“精灵”，以便使用者选择2D或3D打印，根据物理属性和成本选择不同的材质，并结合服务商可以负责订购的现成零部件。Ponoko等公司已经能够提供此类在线服务，将桌面工具与全球制造能力联结起来，最终能够使相应程序中的“制造”菜单选项无比强大，无所不能。车间的种种专业优势正在软件算法中被复制。

喷灌系统的再发明

还记得我外公发明的自动喷灌系统以及我对于他如果生在今日会如何做的种种设想吧？如果是在这个时代，他就不会申请专利，授权一家制造商进行生产（在生产过程中逐渐丧失对自己发明的控制权），而是会自己制造、生产，由发明家华丽转身成为企业家。

我觉得如果亲身实践一下，肯定比坐在那里空想有趣得多，所以我决定按照现代的创客模式重新设计发明这套自动喷灌系统。

说实话，我并非天生就对喷灌系统设计有灵感。起初，我选择了一块约3米长、1.2米宽的草坪做实验，这样修剪时用一把大剪刀就足够了。我对园艺绝对没兴趣，一年也就踏上草坪一次，还是为了给孩子们搭帐篷，让他们体验一年一次的“露营”探险。我妻子是家里的花匠，尽职尽责地呵护着花坛。她从一开始就明确告诉我，不许在她的领地内做喷灌系统的实验。

但鉴于外公的自动喷灌系统的伟大创意，喷灌系统简直成了我家的家族遗产。我向家里有漂亮草坪和喷灌系统的朋友们咨询，逛园艺商店，浏览园艺网页。如果我要发明一种喷灌装置并且以此创业，我该解决什么问题呢？

我的理论是，如果要重新设计、开发已经非常成熟的产品，最好的办法就是征询他人的意见。我提出了一些基本问题，你也可以称之为“变形工具箱”（实际上可以应用于任何产品）：

1.如果与互联网联系起来，这些产品可以如何改进？

2.如果产品设计对大众开放，任何人均可对设计进行修改或改进，产品可以得到哪些优化？

3.如果制造商不对知识产权征缴费用，产品成本可以降低多少？

虽然外公在发明中倾注了他的智慧，过去半个多世纪以来的行业发展也实现了大量的集体创新，我很快发现喷灌系统尚有很大的改进空间。对于创业者来说，市场上的所有产品都是专有财产。也就是说，即便它们确能在互联网上获得（这样的产品很少），我也必须缴纳一定的特权服务费，而且还要按照制造商的要求行事。只能联结到制造商出售的传感器上，还必须按照制造商提供的方式使用，而且花费相当不菲：全套设备随随便便就要花掉几千美元，通常还需要一名专业顾问。

现在，不妨想象一种更好的喷灌系统，我们称之为“开源喷灌系统”。

首先，通过手机轻松控制这套喷灌系统。去度假的时候忘记设置喷灌系统？可以通过一个手机应用软件解决。夏天上班时想知道草莓地里的土壤湿度？看看口袋里的手机就好。

如果喷灌系统能够预知明天会下雨，今天取消浇水，情况会怎样？当然，你可以购买高端的专用系统，但要缴纳服务费。而且如果你有更好的当地天气数据源，那可就很不幸了，因为就算是那样，你还是需要使用高端设备配备的天气服务。我们可以把这项功能也变成免费的开源服务。

希望了解喷灌系统烦琐的菜单，又不想阅读使用手册？可以通过网站上简单易行的图形界面设置开源喷灌系统。如果不愿意使用我们设计的控制面板，还可以在设计社区选择中意的一个。

更好的喷灌系统就是这样：开源、联网式、物美价廉。

设想起来当然容易，但该如何实现这些想法？

我的电子器件公司3D Robotics建立在一种名为“Arduino”的开源计算平台上，它是一种价格低廉、易于使用的处理器与免费编程环境。任何人都可以通过将传感器和执行器联结到某一计算机程序上，实现计算与现实世界的对接，通常称为“实体计算”或“嵌入式计算”，实例屡见不鲜。事实上，从恒温器到闹钟、立体声、微波炉和便携式音乐播放器，几乎所有家用电子设备都是以此方式运行的。你的汽车里有数十种嵌入式计算机，只不过它们都是封闭的专有设备，而Arduino则向所有人开放，任何人可对其做出修改。从能够将自身状态发送Twitter消息的咖啡机到随时随地能够通过手机控制的宠物喂食器，新兴的“物联网”中的大部分事物都是基于Arduino设备的。

我最了解这一系统，因此决定把喷灌系统控制器建立在Arduino上。也就是说，可以拥有大批因其他目的而同样使用Arduino的用户，他们已经解决了如何将其联结至互联网以及能够想到的任何传感器的问题。我希望使用了Arduino之后，我的大部分问题能够迎刃而解。

一项快速搜索显示，情况确实如此。实际上，已经形成了一种非常活跃的Arduino喷灌系统亚文化。有无数种滴管控制、土壤湿度监测甚至是植物向阳控制项目，为什么会有大量的此类项目？大部分不过是两种极客热情的合体——园艺与计算机，但事实是某些项目备受营养液“花工”的推动，我认为这些人种植的一定是高质盆栽植物。传统的喷灌系统制造商可满足不了这个市场！

当然，还有很多方面需要改进，而且我也找到了一些志同道合的人。马萨诸塞大学的王瑞（音译）教授找到了将Arduino联结到廉价的商业水阀的方法。安德鲁·韦吕（Andrew Frueh）是复杂的GardenBot项目的创始人，该项目需要一种将电脑控制的园艺技术更好地联至互联网的方法，然后就可以开始运营了。经过几个月的敲敲打打，我们终于制出了一个功能齐备的模型，它与互联网以及任何在线天气服务相联，在家庭网络和喷灌系统控制器之间拥有灵巧的无线联结，可以管理任意数目的阀门网络和传感器。

至此，我们已经完成了发明部分，与外公当年的做法大致相同，但接下来的事情就体现了过去与现在的差异。外公完成发明后必须注册专利，这是一项耗财耗时的工作，需要聘请律师，准备大量文件，而我们只是在开源许可证下将所有发明在线发布。外公必须找到一家能够给予他的发明一纸许可的制造商，按照制造商的意愿投产喷灌系统，而我们

只是把电子设计图纸发送给一家装配厂（我选择了之前合作过的Advanced Circuits），然后把外壳的CAD设计发送给一家服务商，他们会将其注塑成型，之后选择一家注塑成型工厂进行小规模生产。

根据我们的计算，一台开源喷灌系统控制器，即联网式易编程的手机控制喷灌系统的核心，大约以100美元的价格销售，是具有相同功能的商业喷灌系统价格的1/5~1/3。当研发环节无须费用（开源社区，万分感谢！），而且不收取任何知识产权费用，即便制造数量很少，削减专有替代产品的价格也并非难事。

实际售价还要更低：目前，一个开源喷灌系统的售价为79.95美元。王瑞（音译）使用商业供应商制造电子板以及供应必要元件，还开设了一家网络专营店。产品上市一共花费了不足5 000美元，虽然不能说是一笔小钱，但和当年外公支付的专利律师费相比的确少得多了。最终，将外公的发明投产的那家公司为生产、上市这一产品投入的费用肯定比我们的开销高出百倍。

关键在于，和进取精神相比，我们的花费确实极其低廉。这笔钱尚在信用卡的消费额度内，而且不过是过去开办制造业企业资金投入的九牛一毛而已。

无论是哪种情况，未来几年内，随着其他以互联网为中心的开源创新模型项目的建立与进入，喷灌系统行业必将发生改变。也许后来者会借鉴我们的成果，也许他们会做出更好的设计。重点是，真正的创新者很可能并不是园艺设备制造领域内已经立足的商家，而是从网络模型中脱颖而出的新秀。现今，创业精神已经完全不同于我外公那个时代的概念了。

创新，你也可以

如果喷灌系统不是你的兴趣点，你还可以选择其他产品或行业。就在我写下上述文字的半小时内，我在新闻消息中又看到了类似的网络硬件项目消息，包括马匹管理（马厩中的电子器件可以追踪马匹进出马厩的情况，很明显，这正是牧场主所需）、家庭恒温器、生物实验室离心分离机和气象台。即使是五角大楼的研究机构国防高级研究计划局（DARPA）和通用电气这样的大型组织也在使用开源创新，研发从军队小型无人机到家用智能电源插座等各种产品。

新工业革命当然不仅仅局限于开源创新。传统的专有产品开发得益于从3D打印机到数控雕刻机等各种桌面模型工具。此类新技术应用加速了世界大型公司的创新活动，无论是福特的汽车内饰，还是宜家的新型厨房用具，都得益于此。不久的将来我们就会看到，通用电气等大公司会在员工中推广类似创客社区的创新方法，用以开发专有产品——开源创新并非一定是宽泛的开放。美国和欧洲国家的中型制造公司可以使用

数字制造技术，将过去需要大量人力或极其昂贵的设备与制造工具的流程自动化，以增加针对低成本劳动力的竞争力。

这一切的背后，真理只有一个：人们共同使用新型工具工作，发动一场制造业革命。21世纪的工业格局必将与20世纪的大不相同。创新不再是由世界上最大的公司自上而下地推进，而是由业余爱好者、创业者和专业人士等无数个人自下而上地开拓。此前，我们已在比特世界中见证了奇迹，从最初的个人电脑爱好者成长为互联网的网民大军。现在，这样的革命再次现身，规模宏大地出现在更广阔的现实世界中。

第三章 从历史到未来

曼彻斯特和英格兰的家庭手工业改变了世界。

同样的事情还会再次发生。

产品制造的数字化变革绝不仅仅是优化现有的制造业，而且是将制造延伸至范 围更广的生产人群当中——既有现存的制造商又有正在成为创业者的普通民众。

1766年，兰开夏郡的纺织工詹姆斯·哈格里夫斯去看望一个朋友时，看到一台手纺车倒在一边。不知道是什么原因，纺车仍然转个不停，奇怪的运行方向在哈格里夫斯脑海中形成了一幅图景：一排锭子同时工作，从亚麻纤维中同步抽取多条纺纱。回家之后，他就用边角木料制作了一台设想中的机器：多个锭子通过皮带和滑轮相连。多次修改之后，哈格里夫斯终于制造出了珍妮纺纱机。纺纱工人通过脚踩踏板的传动方式，可以在一台珍妮纺纱机上同时纺8股纱线。

一个工人最初可以同时纺8股纱线，大大提高了生产效率，而且还可以进一步改良。这仅仅只是开始。

纺织机器本身并没有什么新颖之处。毕竟，古埃及人早就发明了织机，而中国人在公元前1000年就用上了蚕丝精纺机。手摇纺车在11世纪时引入了中国和伊斯兰国家，脚踏纺车出现于16世纪。只要看看插图版的童话故事，就能大致了解手纺车的广泛使用。

早期的各类机器并未引发工业革命，但珍妮纺纱机、蒸汽机以及后来更精密的动力织机却掀起了工业革命的浪潮。为何？历史学家们对此已争论不休了几个世纪，找到的原因大致如下。首先，与早期织机使用的丝、羊毛和麻纤维不同，棉是大众都能够获取的一种商品，是世界上最廉价、最易获得的纤维，特别是随着大英帝国贸易的扩张，棉纤维由印度、埃及等地源源不断地输入。

其次，珍妮纺纱机使用皮带和滑轮传动，将动力由一个中心点分散到任意数量的机械装置上，它们能够平行工作。起初还是使用人力，但同样的原理也适用于更加强大的动力系统（水、蒸汽）用以驱动更多数量的锭子。换言之，这是一个能够升级的机械装置，可以充分利用比人力强大得多的动力源。

最后，哈格里夫斯的发明出现在了正确的时间和正确的地点。18世纪的英国正经历着一场知识复兴，一系列的专利法和政策不仅激励了手工匠人发明创造，而且让他们有动力与他人分享发明成果。

正如威廉·罗森（William Rosen）在其2010年的著作《世界上最有力的创意》（The Most Powerful Idea in the World）中所说：

英国坚信创意也是一种资产，史上所有创意都具有重大意义。虽然自然法则严格限制了黄金和土地等传统形式资产的数量，但（似乎）还没有对具有潜在价值的创意数量有任何限制……工业革命首先是一场发明革命，不仅新发明数量激增，而且发明过程本身也发生了根本性转变。

哈格里夫斯在1770年6月提交了编号为962的专利申请，专利内容为

可以同时纺、抽、捻16股纱线的珍妮纺纱机。哈格里夫斯在申请专利前就已经制成了第一台原始模型，也就意味着在专利正式授予之前，其他人已经开始使用珍妮纺纱机了，这让哈格里夫斯很难行使他的专利权。更糟的是，哈格里夫斯还因这台机器树敌。

珍妮纺纱机诞生在哈格里夫斯的故乡兰开夏郡，它对生产效率提高做出的贡献最初在当地的手工匠人中并不讨好。这也是意料之中的事情，几个世纪以来，纺纱生产一直受控于当地的匠人行会，他们当然憎恨珍妮纺纱机这样的发明。随着纱线价格不断下跌，当地纺纱工人的抵触情绪日益高涨，一伙人甚至冲进了哈格里夫斯的家，烧毁了20台新机器。于是，哈格里夫斯动身前往诺丁汉，那里蓬勃发展的棉袜业对棉线的需求大增。哈格里夫斯于1778年去世，他虽然从这项发明中赚了一些钱，但远远称不上富有。

与此同时，英国在北美的殖民地打响了独立战争。瓦特在1776年制造出第一台有实用价值的蒸汽机。虽然在时间上与《独立宣言》不谋而合，两者间的联系却并非纯属偶然。大英帝国发现从殖民地攫取的资源越来越难满足自己的需要，而且殖民地也逐渐难以控制。大英帝国需要提高国内的生产力水平，无论是政治还是军事成本都要低得多。机械化种植与收割工具已经大大增加了英国农场的产出，农产品加工机械使英国可以向全球销售农业加工产品，英国也由此从凭借武力控制全球转向了凭借贸易手段称霸世界。但最大的影响还是首先在英国国内显现，最直接的效果就是重塑了英国的景观面貌，大大提高了数百万英国人的生活水平。

革命之力

到底什么是“工业革命”？自从历史学家发现在18世纪晚期增长率发生了惊人变化后，对“工业革命”的争论就从未停止过。很明显，第一批工厂的出现改变了经济，制造业和贸易蓬勃发展。但由于统计数据获得困难，其宏大的规模未能即时显露。可到了18世纪90年代，人们已经无须会计账簿上的数据，就能够看到工业革命的成效了。人口飞速增长，史上第一次出现了有乡绅、皇室和其他精英阶层之外的人群拥有财富。

大英帝国的人口在1700~1850年增长至3倍。而1800~2000年，将通货膨胀计算在内之后，英国的人均收入增长至10倍。这在有记录的历史上是前所未有的，这一社会革命似乎明显与逐渐占据英国快速发展的城市工业区域有关。除去生活方面质量不断改善的因素，单是为何机械化促进了人口增长这一命题就占用了历史学家很长时间。

当然工厂不是工业革命的全部，改进的农耕方法也功不可没，比如为防止“公地悲剧”在牧场上设立围栏，天花疫苗等医疗进步降低了儿童夭折率，但工业化贡献更大。

虽然我们会将工厂看作威廉·布莱克所说的“撒旦磨坊”，认为它们毒害了工人和土地，可实际上，工业化的主要成效是改善了人们的健康状况。人们从乡村迁移到工业城镇，从泥墙草屋住进了砖石建筑，免受潮湿与疾病的侵害。大规模生产的纯棉服装和优质肥皂价格低廉，即使最贫穷的家庭也可以负担得起，而且纯棉服装比羊毛制品更易洗涤、晾干，这样人们就能穿上干净的衣服，卫生状况也有所改善。此外，迁居到城市之后，人们的收入增加，可以购买更丰富、种类更多的食品，也可以享受更好的医疗、教育和其他共享资源。同时，在工厂工作的优势抵消了那些不良后果。（明确地说，工厂里的工作确实非常辛苦，工作时间长、工作条件差，但统计显示在农场工作的情况更糟。）

工业革命前后的生活变化惊人。对持续增长和不断提高的生活水平的期待不过是近几百年的事，此前，人类的生活基本是原地踏步，也就是说几千年来都过得相当糟糕。1200~1600年，英国贵族的平均寿命（他们的记录数据保存最完好）增加了不到1岁。而1800年至今，西方国家白人男性的平均寿命翻了一番，由38岁增至76岁。最主要的不同就在于儿童死亡率，那些平安度过了童年时光的人，他们的寿命也增长了大约20岁，这一巨大的飞跃前所未有。

这与各种变化有关——从卫生和医疗条件的改善到城市化与教育，但共通之处在于人们的健康水平随富有程度而提高。经济条件之所以能够改善，是因为使用了机器，特别是能够制造产品的机器。当然，人类自史前时期开始就不断地使用各种工具，我们甚至可以说用火、耕种、驯养动物以及选择育种等“技术”与蒸汽机具有相同的决定性作用。但农业技术仅仅让我们能够更容易地养活更多的人，可能够制造出改善生活质量的产品的机器则完全不同，无论产品是小到服装，还是大到交通运输。

至少有一点可以肯定，人类都需要这样的产品，因此才进行贸易。相反，贸易又推动了相对先进的技术不断发展，各国竭尽所能做到最好，然后进口其他无法生产的产品，提高生产效率。因此也就推动了增长，曼彻斯特的纺织厂和世界经济此理相同。

第二次工业革命

1799年，法国外交官路易–纪尧姆·奥托（Louis-Guillaume Otto）在一封描述法国现状的信件中首次使用了“工业革命”一词（当时，革命是个时髦的词汇）。恩格斯也曾使用“革命”一词描述工业变革，恩格斯在19世纪中期对资本主义的批判评论为马克思主义的诞生做出了贡献。19世纪末的英国著名历史学家阿诺德·约瑟夫·汤因比就此次工业运动能对世界经济产生深远影响的原因发表了一系列著名的演讲，让“革命”一词广为人知。

但工业革命的核心还是一系列提升了生产效率、从寿命和生活水平

到居住地点及人口数量等各个方面改变了我们日常生活的技术。

比如在1850年左右，工厂兴起，随之而来的是另一波技术浪潮，包括蒸汽动力船舶和铁路的发展，为提高交通运输效率做出了相似的贡献。19世纪60年代发明的酸性转炉炼钢法可以提高钢材产量，促进了金属产品的工业化生产，最终催生了流水生产线。

随着化学工业的兴起，石油精炼、内燃机和电气化纷纷出现，下一阶段的制造革新通常被历史学家称为“第二次工业革命”，由1850年起至大约第一次世界大战结束时止。其间出现了亨利·福特的T型车生产线，可更换零部件的革新与传送带的使用使得产品可以在生产过程中随时送至工作台的工人手边（每人负责完成单一任务），而不是零部件不动，工人往来穿梭。

在当今完全工业化的经济环境中，我们已经忘记了两次工业革命为社会变革做出的贡献。我们会谈论生产效率优化，但是想一下其对于人类生命的含义。当人类由采猎者进化到农民，一个人能够养活好几个人。我们能够跳出其他大多数动物自生自灭、照顾后代的局限，追求劳动分工，所以能够做自己最擅长的事情。我们由此获得了业余时间与精力，可以用来建造城镇、投资和学习读写等。

珍妮纺纱机等发明书写了历史的拐点，形成了经济现状中根本性转变，改变了人类知多做少的状态。我们更加重视头脑，而非肌肉。在这一过程中，人类变得更加富裕、健康和长寿，得以更好地繁衍生息。革命的效果应该以对人类生命的影响来衡量，由此，第一次工业革命的作用无与伦比。

从手工劳动到机器生产的飞跃将人类解放出来，从事其他活动。社会中生产食品、衣物和住房等纯粹必需品的人数越来越少，因此就有更多的人可以从事对文化发展至关重要的非必需品的生产，比如创意、发明、学习、政治、艺术以及创造。然后，我们就进入了现代。

作家维卡塔什·拉奥（Venkatesh Rao）认为工业革命的主要作用在于时间。有了机器，我们的工作效率更高，在更短的时间内完成更多的事情。这样就节省了更多的时间进行其他活动，可以从事其他生产或娱乐。第一次工业革命为人类创造了更多时间，可以用来发明和创造对现代世界具有决定性意义的事物。400年前，几乎所有人都在生产生存的必需品：食品、衣物和住房。奇怪的是，今天几乎没人还在忙碌于这些事情。拉奥写道：

蒸汽的最主要作用不是它能够帮助我们开疆拓土，而是它开启了掌控时间的新时代。很多人都将熊彼特提出的创新与创业增长理论的本质误解为由创意而非时间推动的增长。由能量刺激的创意可以解放时间，这样的时间可以用于产生更多能够解放更多时间的创意。这是一个正反馈循环。

第三次工业革命？

有人认为信息时代是第三次工业革命。计算机和通信技术也是“力量放大器”，对服务业产生的作用与当年自动化对制造业的贡献相同。信息技术放大的不是人类的体力，而是脑力；同样可以推动现有行业的生产力成果发展，并产生新的成果。凭借此类技术，我们能够以更快的速度完成已有工作，节省出时间从事新的工作。

然而，正如前两次工业革命发生时，技术的影响力需要几十年的时间方能显现，此次数字计算发明本身的力量仍然单薄。第一台商业主机替代了某些公司和政府的精算与统计工作，第一批IBM个人电脑取代了某些文秘职能，但两者都未能改变世界。

只有当电脑与网络并最终与网中之网的互联网相结合，它们才真正地开始改变我们的文化。即便这样，计算机的终极经济影响并未主要体现在经由软件改变的服务业中（虽然这样的实例不胜枚举），而是体现在前两次工业革命大显神威的相同领域内：产品制造。

总之，自信息时代在1950年左右露出了一丝曙光，经历了20世纪70年代末、80年代初的个人电脑发展期，又走到了90年代的网络时代，这毫无疑问可以称之为一次革命。但直到目前它在制造业开始显示威力之前，都不能被看作真正的工业革命。因此，不妨将新工业革命看作数字制造和个人制造的合体：“创客运动”的工业化。

产品制造的数字化变革绝不仅仅是优化现有的制造业，而且是将制造延伸至范围更广的生产人群当中——既有现存的制造商又有正在成为创业者的普通民众。

听起来很熟悉吧？这正是互联网曾经历过的。互联网先是被技术和媒体公司把持，用以优化自身的工作。之后，软、硬件的进步使得互联网能够为普通民众所用（这就是所谓的“大众化”），然后这些普通使用者向互联网注入他们自己的想法、专业知识和能量。目前，互联网的建设主体是业余爱好者、半专业人士以及并不供职于大型技术或媒体公司的人群。

我们一直在谈论“无重经济”，即无形信息、服务和知识产权的贸易，而非实体产品贸易（无重经济包含了一切掉在脚面上却不会造成伤害的东西）。然而，无论比特经济规模如何庞大，信息贸易的非物质化世界也不过是制造业经济的一小部分。因此，任何能够改变产品制造进程的事物都能在全球经济发展中起到举足轻重的作用。这才是真实革命的形成。

让我们回到曼彻斯特，看一下这在现实世界中的作用。

曼彻斯特的过去与未来

曼彻斯特在很久以前迅速崛起，之后经历了痛苦缓慢的衰退。今天，在曼彻斯特的制造博物馆和破败不堪的仓库区，我们仍能清晰地看到已经逝去的过往：人们不断回想着旧日时光，那时的曼彻斯特仍是世界上最大的工业城市，天际线不时被制衣厂林立的烟囱阻断开来。每个大城市都有其决定性的时刻，曼彻斯特的决定性时刻仍然在半新不旧的北角建筑中闪现光芒，这个区域至今遍布着维多利亚式的硕大砖结构仓库和曾经的厂房。

第一次工业革命为何在曼彻斯特起飞？在伯明翰和兰开夏郡等较小的城市和地区也已经出现了早期的工厂，但曼彻斯特拥有几项优势。曼彻斯特有大量自有土地和宽松的建筑法规，便于建造工厂及工人住宅，而利物浦等地空闲土地不多、各项规定较严格的港口城市则不具备此优势。同时，曼彻斯特临近水系，可以为早期使用磨驱动的工厂提供水力，其中最大的河流默西河一直流入大西洋，为原材料和成品的运输提供了便利。此外，曼彻斯特的铁路线四通八达，便于煤炭从英格兰与威尔士等地输入。

曼彻斯特在19世纪中期达到鼎盛。虽然英格兰几乎不产棉花，曼彻斯特却有“棉都”之称。大批原棉由遥远的地方运抵曼彻斯特，在这里经由先进的机器加工（梳棉、密织以及精染）成为纱线、布匹，最后制成成衣，然后通过运输原棉的同一通道运往世界各地的市场。曾经一名不文的城市因为拥有了全球供应链、竞争优势和自动化，而成为世界纺织贸易的中心。

新式制造机器固然激动人心，支持其存在发展的供应网络也同样重要。规模更大、效率更高的工厂需要更多、更廉价的原材料：不仅是来自埃及和美洲的棉花，还有亚洲的染料与丝绸，以及铁矿石和煤炭等矿产资源。这也是为何蒸汽机不仅对蒸汽货轮以及蒸汽机车的广泛使用至关重要，而且对工厂的发展也功不可没。供应链效率的每一点儿进步都能在机械化生产中得到体现。

在最繁忙时，曼彻斯特的各条运河都是第一次工业革命的交通命脉。高效生产远远不够，还必须把成品高效地运送出去。各项小型的运河工程最终在1884年贯通成曼彻斯特通海运河。通过这条运河，海运货轮可以沿河前进约65公里，直抵内陆的曼彻斯特港。这是一个完美的组合：一个具有工业扩展空间的内陆城市，凭借着运河之便，能够像港口城市一样便捷地通过海运运输货物。同时，铁路在陆运中发挥了同等重要的作用：曼彻斯特是世界上第一条城际铁路线（利物浦——曼彻斯特铁路）的终点。

由此，曼彻斯特的制造业令全世界艳羡，各地的公司纷纷效仿曼彻斯特模式。成功的仿效对于曼彻斯特当地的工厂来说却是一种悲哀，曼

彻斯特的商业企业除了出售成衣，也出售制衣机器，多家公司以工程技术著称，迅速将其机器产品销往世界各地。之后，这些机器被复制、改进、商品化。到了20世纪，从法国到美国都能看到巨型纺织工厂的身影。至此，曼彻斯特的机械化优势逐渐消失，而更靠近南美洲等原棉农业产地的新工业中心开始取代曼彻斯特的位置。

曼彻斯特的工厂经历了漫长的向生产上游迁移的过程，开发更时尚的成衣设计、保证更好的品质、创立品牌、推进机械创新。这样的措施确实有效，避免了廉价竞争者导致的行业内恶性竞争。然而，曼彻斯特的纺织业还是经历了一个世纪的漫长衰落。时间推进到20世纪50年代，此时曼彻斯特空置的厂房数量已经超过了满负荷运转的工厂，曼彻斯特也成为英国工业力量明日黄花的象征。

到了20世纪80年代，曼彻斯特空置库房的知名度已经远远超过了里面曾经满载的辉煌。20世纪80年代，英国以曼彻斯特为中心的后朋克音乐标签是被称为“工厂唱片”的唱片公司并非毫无道理，很多乐队都在维多利亚式的旧厂房里安营扎寨。曼彻斯特已经成为制造业衰退的标志。无所事事的年轻人于是创立了欣欣向荣的音乐业，但他们长久的失业和挥之不去的绝望也是对第一次工业革命诞生地上残存空虚的一种责备。

1996年，爱尔兰共和军在曼彻斯特市中心停放了一辆装满爆炸物的卡车。虽然提前警报确保了该地区人群全部得以疏散，但爆炸严重毁坏了数十幢建筑物。这一事件成为曼彻斯特历史上的一个转折点，经过了多年衰退与毫无作用的转型战略之后，重建工作无疑是曼彻斯特发展的催化剂。该悲剧事件将全国的注意力吸引到饱受蹂躏的曼彻斯特，也让人们有了一个重新思考城市中心的机会。

目前，一切都在有条不紊地进行。现在的曼彻斯特市中心是斯宾尼菲尔德（Spinningfields），这里在19世纪80年代曾是拥挤的纺织厂聚集区，每家工厂都拥有15 000台妇女劳动力织机和缝纫机。今天的斯宾尼菲尔德则是现代的商务区，高端时装店和新奇建筑林林总总。在一栋二层小楼的服装店玻璃橱窗里，展示着几百台老式胜家缝纫机搭建的艺术装置矩阵，折射出该地区的工业过往。当然，店中的大部分服装是中国制造。

由斯宾尼菲尔德往北几个街区就是北角，这里的一些旧纺织厂库房已经改头换面变成了高端设计工作区，成为网络公司、游戏开发商和图形工作室的新家。这里是曼彻斯特转型成为数字中心的展示范本。也许曾经武装了工业时代的设计与工程技术并未消退，随时准备在媒体、娱乐和营销领域大展身手。（但现在下结论仍然为时过早，大部分空间依然有待利用，而且政府向已经进驻的企业投入了大量资金。）

再往北走几个街区，就到达了顶着漂亮名头的新伊斯灵顿区，此处就能看到更多重塑曼彻斯特的不确定性。新伊斯灵顿区内大部分还是废墟：维多利亚时代的工厂只剩下了破败的旧址，屋顶塌陷，窗户早就不

翼而飞了。由于已被列为历史遗迹，这些老房子禁止拆除。但保持原貌重建（如历史建筑名录要求）的成本与风险都高得惊人，因此这些厂房就一直矗立在那里，慢慢地腐朽下去，提醒着人们已经逝去的帝国辉煌。虽然其中一些房屋确实在最近的房地产泡沫中引起了投资商的兴趣，但最后还是未得善终：现在成了一个又一个围起来的工地，但均处于停工状态，尴尬地凝固在了过去与未来之间。在无尽的拖延中，这些房子为该地区蒙上了一层无人工作的废弃工地的颓败色彩，碎石遍地、灰尘飞扬，毫无生气。

但在这样的后工业景观中，仍然存在一些希望与增长，比如在曼彻斯特某条运河的河岸边，与旧时霍乱医院毗邻的旧工厂厂址目前已经建起了一座现代化高层建筑，上面一层与底下一层都呈一定角度，并且喷涂了粉、棕和桃红等完美搭配的色彩。大概由于设计师在堆叠薯条时找到了设计灵感，这座建筑就被称为“薯条”，是现代工作、生活和娱乐空间的范本模型。上面若干层是公寓，最下面几层是餐馆和购物中心，中间层则是写字间。

毋庸赘言，房地产泡沫的破裂对建筑行业的打击最大。该建筑中的餐馆和咖啡馆工程项目自然停工，而且也没有多少人愿意住在商用楼里。因此，该建筑的所有者决定，与其让这座建筑空置，不如在此进行一项重现曼彻斯特昔日辉煌的实验：他们将建筑物提供给地方制造业协会使用，作为未来产品制造的实验基地。目前，这里是曼彻斯特微型制造实验室，也是英国第一家微型制造实验室。

微型制造实验室是一个特殊的创客空间，以尼尔·格申费尔德的比特和原子研究中心在10年前创立的模型为基础建造——微型制造实验室源于格申费尔德在麻省理工学院开设的热门课程“如何制造（几乎）任何东西”。每个微型制造实验室（写作本书时，共有53个此类实验室分布在全球17个国家中）至少配备一套数字制造工具，包括一台激光切割机、一台刻字机、一台大型数控家具制作机以及一台小型电路板制作机、基本的电子设备，有的实验室还有3D打印机。这些实验室有时会配备更传统的机械加工车间工具，比如金属车床和钻床，但通常更多地配备较小型成型机。

曼彻斯特微型制造实验室在周五和周六免费开放。我在曼彻斯特时，实验室每个周五都是一派热火朝天的景象，当地的大学生们忙于制作建筑和家具模型；激光切割机总是处于工作状态，学生们在上面制作艺术品、完成设计课程的功课。在免费开放日进行的项目需要在线记录，以便大家相互分享。其他时候，会员则会付费使用微型制造实验室，他们的项目可以享有专有权，不必向公众公开。

老实说，要把这个创客空间看作新英国制造业的种子确实比较勉强。这里完成的大部分作品都出自当地的学生之手，不过是平常的设计或商业作品。热门创业尚未大量出现。与美国的技术工坊等创客空间不同，微型制造实验室的创新精神还有待提高。但实验室管理者海登·英斯

利（Haydn　Insley）认为实验更好地激发了创造力，他说：“这关乎个人制造物品的能力，而且更重要的是他们改变事物的能力。这里的每个人都有自己的创意，我们试着帮助他们实现这些创意。重要的是设计，而非制造。”

看看存在至今的英国制造业成功案例，我们就能明白英斯利的乐观来自何处。虽然在纺织业和餐具制造领域内的荣光不再，英国目前仍是航天工业的领头羊（英国航空航天系统公司是世界第二大国防承包商），并且其汽车设计仍然享誉全球。英国还有众多创新型消费品公司，比如戴森公司就凭借着高端设计与超群工艺，让消费者愿意花大价钱购买吸尘器、电风扇等司空见惯的产品。曼彻斯特的大学仍然是英国最大的工程师摇篮。技术一直都在那里，它们只是在寻求新的出口。

也许，顶着一头长发、在曼彻斯特微型制造实验室激光切割机旁孜孜不倦的设计专业学生中就会出现下一个戴森。或许，他们只是自顾自地忙碌，使用很多相同的工具，只不过这些工具现在的价格更为低廉，人人可以拥有。这家微型制造实验室已经创立了数百个项目，而且才不过是刚刚开始。但我们了解一点：曼彻斯特曾经创造出了改变世界的产品，在水中、在空气里、交织在历史内。我们可以预见，这样的改变也会发生在曼彻斯特微型制造实验室里。默西河上的船舶已经再次启动。

但过去与现在有着明显的不同。第一次工业革命只能发生在像曼彻斯特这样享有自然资源与运输便利的城市里，新的创客运动却可以无处不在。虽然曼彻斯特微型制造实验室位于旧纺织工厂的厂房内，算是对历史的一种回应，其中应用的工具与技术却可以在伦敦某一栋摩天大楼的办公室里或是一座改建的谷仓中轻松找到。此外，使用这些工具和技术的创客可以存在于世界各地，在家中上传设计文件。现在，“地点”在制造业中日趋式微：地理不重要，创意才是王道。

此外，大型工厂已经可以被彻底抛弃，烟熏火燎和棚车大小的钢活塞早已是明日黄花。小公司会在分散式制造业的新世界中蓬勃发展。具有讽刺意味的是，这好像回到了第一次工业革命的最初日子。珍妮纺纱机改造了世界，并不是因为它创立了制造工厂，而是在于它开创了家庭手工业这一确实有力的经济力量。

我们现在熟知的家庭手工业（最初名为“家庭系统”或“企业外工作系统”）最初成形于木框架脚踏纺织机，这种机器能够同时纺成多股纱线，就像多台手纺车在同时工作。新式纺织机制作相对容易，价格相对低廉，而且只需要桌子大小的有限空间。从某种意义上说，它们就是那时的“桌面制造”。

珍妮纺纱机可以在家中使用，将纺织工的工作效率提高了数倍，而且对大多数人来说，室内工作首次比室外工作收入更高。男女均可在家中使用珍妮纺纱机，巩固了核心家庭体系，为孩子创造了更好的工作环境，也打破了人们对地主的依赖。由此，普通人也不必通过行业工会系

统的学徒期，就能成为创业者。即便工厂在家庭住宅周围遍地开花，家庭创业仍然备受欢迎。各家公司可以通过这种方式将工作外包给熟练度高的手工匠人，他们可以凭借微制造技术产生数倍于工厂的成果。

此类机器的广泛应用基本上终结了英国历史上的农业时代，大部分人不再需要在田地中辛勤劳作。有了改良的农耕机器，几个人即可完成播种与收割，其他人则可以在家庭作坊中工作。纺纱机之后，又出现了使用木质织机的编织技术。

因为此类工作并不依附于土地，也就不依附于地主。在家工作的人们由此对自己的经济前景享有更强的独立性和掌控力。不过，虽然摆脱了某一地主的控制，却又必须与市场供需的力量作斗争。收购家庭作坊产品的工业大买家总是压低价格，并以停止收购相威胁。

家庭作坊的收入并不比田间劳动的所获多，但至少工人们可以自己安排时间。这就向着创业精神又迈进了一步，但尚缺乏真正不同的创新。相反，大部分家庭手工业只是大型工厂的分散劳动力，不要求这些工厂对新的生产设备投资或更新工具，家庭作坊也因此可以接到一些小订单或特别订单。家庭手工业绝不是家庭发明，家庭手工业者完全受制于工厂主。

无论如何，家庭手工业的兴起是第一次工业革命的重要部分，此次工业革命经常无法摆脱“撒旦磨坊”的阴影。从某种意义上说，家庭手工业更接近创客推动的新工业革命，而不是那些通常与制造业相关的大型工厂。它们是生产的一种分散形式，以比大型工厂更灵活的小批量生产方式作为统一型工厂的补充。

家庭手工业适合且巩固了家庭结构，使所有家庭成员都有工作机会（不管你喜欢与否，都将很多孩子包括在内，推动了英国史上人口爆炸时期的前进步伐）。当大型工厂将年轻人纷纷吸引到城市的工业区工作和生活，家庭手工业则推进了乡镇的发展，同时着眼于花边制作等珍贵的手工工艺，也使其得到传承，此类工艺在当时很难用机器制造，即便可以，花费也相当不菲。

19世纪，家庭手工业仍然保持着强劲的发展势头。30年代末，卡莱尔市的Dixons公司在周围的乡镇雇用了3 500名家庭手工业的手织机织工；10年后，贝尔珀市的Wards公司为4 000名家庭手工业的编织工人提供了工作；到了70年代， Eliza Tinsley公司将工作外包给英国中部地区的2 000个钉子和链条制造者。即便是在第一次工业革命发展如火如荼时，由于家庭手工业分散劳动的存在，小作坊的数量还是远远超过了大型工厂。

把家庭手工业和现在典型的创客式小公司作比较。今天的家庭手工业更多的是Etsy网站平台上的卖家，使用电脑控制的刻字机为苹果笔记本电脑制作时髦贴画，或是制作、出售老爷车上的替换部件。像工业时

代的前辈一样，现今的创客们通常制作大型工厂不生产的东西，他们关注的是规模只有数千人的小众市场，并非拥有数百万消费者的大型市场。他们的分布方式反映出创意的自然地理格局，而不是大型供应链和廉价工业区的辐射格局。

创客公司通常在车库或作坊里落户，至少是在这样的场所起家，而且经常依赖于家庭成员的帮助。他们安于小批量生产的现状，关注手工制作或工艺质量。生产焦点集中在最适于制作几百或几千件产品的桌面生产工具上。

这也说明了“创客运动”的另一主要原则：一如200多年前的珍妮纺纱机一样，现在的新产品创意与设计技术可以为所有人服务。无须大量投资建造工厂或雇用大量劳动力，即可将创意转化为现实。制造新产品不再是少数人的专业，而是多数人的机会。

今天的创客类家庭手工业不用将产品出售给控制着通往市场之路的工厂，而是可以通过自己的网站或是Etsy和eBay等网络平台直接销售给全球消费者；也不用再像19世纪的前辈们那样坐等工厂订单，而是发明自己的产品、寻求建立自己的微品牌；更不用与商品市场中的廉价劳动力打价格战，而是凭借创新取胜。创客们自己设计产品，可以向不愿使用流水线产品的有更高层次需求的顾客收取更多费用。

所以，回到未来。现在，我们正在向新的家庭手工业转变。因为新技术，个人再次拥有了控制生产资料的能力，能够进行自下而上的创业与分散式创新。因为有了互联网，从软件到音乐等全部生产资料都能为大众所用，于是人们可以在宿舍里创立一个帝国，或是在卧室里录制一张畅销专辑。新的大众化数字制造工具也将成为明天的“珍妮纺纱机”。被这些新工具打倒在地的各行业工会很可能就是曾经在曼彻斯特成长起来、主导了过去三个世纪的工厂模式。

第四章 现在，我们都是设计师

我们完全可以做好。

你可以从笔记本电脑上进入最大的20世纪媒体帝国的工业机械领域。过去，世界上最大的计算设备仅服务于政府、大型公司和研究实验室。现在，它们为你所用。这就是“桌面”的成就。

20世纪70年代我还在上高中的时候，学校里有小组活动课，是“工业艺术”课程的一部分。至于为什么这门课是必修课，实在令人费解——我们当时住在华盛顿市郊，周围根本没有工厂，我朋友的父母大部分是律师和政府官员。不过，学习使用锉锯机、台锯和钻床等车间工具是20世纪中期美国教育的必要构成部分。坏孩子们借机制作忍者飞镖，最坏的家伙们则制作了吸食大麻的烟杆。我做了一个粗糙的杂志架，直到我离家独立生活以后，父母才把它“请”出了我家。我可以算是幸运的，至少没在这门课上少了几根手指头。女生们修的是“家政”课程，学习缝纫、烹调和种植。从某种意义上说，这是另一种形式的必修手工与DIY教育。

我在家里摆弄幸福牌组装元件，包括使用各种烙铁，花几周时间与线路和元件不懈斗争，但这是获得一台民用广播收音机或立体声扬声器音箱最廉价的方式。化学工具箱里有真正的化学药品（相对于小苏打和大量墨守成规的警告而言，很可惜现在就仅剩下小苏打和警告了），可以说是妙趣横生。有车族（不管是很拉风的车还是普通车）整个周末都会贡献给爱车，要么去兜风，要么拿着扳手在车子上敲敲打打。那时的孩子们信奉“拆开看看东西的工作原理”，发现零部件的使用方法之后，又发明了无数种新奇的机器，而且其中一些还真的可以运行。

但自20世纪八九十年代起，自己动手制作东西的热情渐渐退去。首先，制造业的工作已经不能保证为人们赢得中产阶级的生活，而且随着制造业工人数量的缩减，工厂甚至丧失了原有的职业吸引力。取而代之的是键盘与屏幕，个人电脑进入人们的生活，在所有的好工作中都占据了一席之地；学校的课程重点也转向了培养“符号分析师”——这是信息业从业者的社会科学名称。电脑课取代了小组活动课。90年代学校预算削减彻底终结了小组活动课的生命，一旦现有的小组活动课教师全部退休，基本不会再有新人顶上，各类工具也纷纷出售或是“刀枪入库”。

进口的亚洲电子产品比幸福牌组装元件质量更佳、价格更低，电阻器、晶体管和电容等单独电子元件变成了微芯片与集成电路，于是焊接技术再也没有了用武之地。电子产品都变成了贴着“用户不得私自拆卸内部零件”标签的一次性小盒子。幸福公司在1992年正式退出元件工具包行业。

汽车告别了可以手动调节的化油器和分电器盖时代，用上了不能私自拆卸的燃油喷射和电子点火装置。芯片挤走了机械部件。新型汽车不再总是需要修理，就算你想打开引擎盖做点儿什么，也只能是换换润滑油和滤油器。运行部件被密实地封起，结实地锁定。我们则喜笑颜开地接受汽车可靠的性能和最少的维护。

小组活动课因为学校预算削减而取消的同时，职场为女性提供了更好的工作机会和平等的性别环境，扼杀了家政实践。孩子们每日与电脑和电子游戏为伍，而不是与扳手或锉锯机做伴。众多精英都沉浸于软件和网络的无限世界，他们开创了我们今日置身其中的数字时代。

世界由此从原子滑向了比特，这样的转变已经持续了30年。

可是现在，“工业艺术”从学校课程表上被抹去30年之后，美国的制造业也大部分迁往了海外。就在此时，我们终于又有了再次动手制作的理由。随着桌面制造工具成为主流，“制造物品”也应该回归到高中课程设置中，但不同于小组活动课，而是教会学生们如何设计。

现在的学生在电脑课上学习使用PowerPoint和Excel，在艺术课上学习绘画与雕塑。想想看，如果他们还有第三种选择——设计课，将会多么美妙。想象一下，孩子们可以在课上学习使用Sketchup或Autodesk 123D等免费的三维CAD工具。一些学生会像在笔记本上速写一样设计出各式房屋和异彩纷呈的建筑，一些人可能会设计出有不同景观与车辆的电子游戏关卡，还有一些人会发明新式机器。

如果每个设计教室能够配备3D打印机或激光切割机，就更加理想。所有此类桌面设计工具都配有“制造”菜单选项，因此，学生们可以实现在屏幕上绘制的设计。能把自己设想中的东西捧在手里，这对学生们的意义该有多大。这就是创客一代的形成过程，也是下一波制造创业者的诞生过程。

“桌面”改变一切

20年前，桌面出版成为主流现实；20年后，“桌面”一词正在逐渐进入工业机械领域，振奋效果同样明显。桌面3D打印、桌面数控制造与加工、桌面激光切割、桌面数控绣花及编织甚至还有桌面3D扫描，或称“现实捕捉”，将实体世界数字化。桌面制造正引领我们走向彻底的桌面制造业。

“桌面”一词到底有何重要之处？想想电脑发展史。直到20世纪70年代末，计算机还意味着整间屋子大小的主机和冰箱大小的微型计算机，而且是政府、大型公司和大学的专属用品。技术主义者早就预测计算机终有一天会走进千家万户，摩尔定律揭示的价格下降与性能增强的趋势推动了计算机普及的实现，但技术主义者无法想象为何人人需要电脑。电脑计算在当时仅用于人口普查结果制表以及公司精算、运行科学模拟、设计原子武器，无一例外地都是大规模的严肃性数字运算。普通家庭要台电脑有什么用？

从IBM到美国电话电报公司贝尔实验室等大型公司，都动员了自己的智囊团设想电脑在未来家庭中的作用，但并不乐观。最普遍的预测是

电脑可以用来管理家庭账单和信用卡账单。实际上，霍尼韦尔在1969年推出了一台售价1万美元的“厨房计算机”（官方名称为H316 Pedestal Model），登上了“内曼·马库斯产品目录”的封面。这台“厨房计算机”设计时尚，带有一个内置式切菜板。（该产品似乎没有销路，因为使用它的厨师必须足够聪明并乐于接受新鲜事物，使用者必须通过切换开关向机器输入数据，然后在闪烁的二进制指示灯显示屏上阅读菜谱。）

但当真正的个人电脑随着苹果II型和IBM PC的诞生最终问世后，无数种应用迅速出现，从最初的电子表格和文字处理器等公司业务软件快速发展到电子游戏和通信等娱乐内容。这可不是因为各家大型电脑公司的精英们终于找到了人们为何需要电脑的答案，而是人们自己摸索出了新的应用。

1985年，苹果首台真正的桌面激光打印机LaserWriter与Mac电脑一起开创了桌面出版的新纪元。这是一个令人惊叹的时刻，将人们脑海中从未有任何关联的两个词汇（“桌面”和“出版”）联系在了一起！众所周知，苹果出品的打印机在处理能力方面远远超过Mac电脑本身，能够读懂原本为商业打印机设计的Postscript页面描述语言，而且成本仅为商业打印机的1/10。乔布斯并不满足于Mac桌面出版质量能够与商业打印机媲美，他还希望Mac产品能够有所超越。乔布斯相信桌面工具比传统工业工具更好，于是开始兢兢业业地研究。（结果，最终的打印机产品售价相对高昂，要7 000美元一台。同时对新的网络技术提出了要求，以便在同一间办公室的人能够共同使用一台打印机。）

切记，那时的出版从哪个方面看都属于制造业范畴：巨大的纸卷和成桶的油墨通过铁路运到印刷厂，再由卡车车队将印刷成品送至市场。那时，“新闻的力量”来自数量众多的印刷机。现存的报纸工会提醒着我们，报纸曾经意味着蓝领工人推着一摞又一摞纸张往来穿梭的工厂。

但印刷厂的“微缩版”（桌面出版）却可供任何人使用。某种意义上说，你可以在家中制成若干份出版物，如果没有任何问题的话，再把文件存进移动存储设备，然后拿去打印店批量打印。消费者级桌面工具与大型工业印刷厂使用相同的语言（Postscript）。当然，桌面打印机最初问世时并非人人能够负担，但随着时间推移，高品质彩色桌面打印机价格更低、性能更佳。今天，一台此类打印机售价还不到100美元，而且家家都有（在家用范畴内，杀手级应用的头衔落在了数码照片工具头上，而不仅仅是文件打印应用）。

将出版从工厂分离实际上解放了出版，但真正的影响并非体现在纸质印刷上，而是在线出版的创意。一旦人们掌握了新闻出版的力量，他们就会想要印制除新闻简讯之外的东西。因此，当互联网出现以后，“出版”升级为“发帖”，这些帖子全世界都能看到。

即便是在网上简单发帖，也是对原有工厂的一种占领方式。现在，个人电脑与仓库大小的服务器群（“云”）无缝联结，因此你才能极速获

取大规模运算能力。你可能没把简单的Google搜索看作工业级计算的结果，但就在几十年前，还需要使用价值数百万美元的超级计算机获得相同的搜索结果。如果你有幸见过Google的服务器群，就会知道将其比作工厂一点儿也不夸张——那个服务器群和一个城市街区一样大。现在，全球所有人都可以免费发布或获取Google搜索引擎上的信息。

这就是你所拥有的：你可以从笔记本电脑上进入最大的20世纪媒体帝国的工业机械领域。过去，世界上最大的计算设备仅服务于政府、大型公司和研究实验室。现在，它们为你所用。这就是“桌面”的成就。

DIY设计

现在，3D打印机所处的位置等同于25年前乔布斯的Macintosh（麦金塔）和LaserWriter。就像最早的激光打印机一样，目前的3D打印机还略显昂贵，而且不易使用，还不是大众化的设备。虽然还没有最终确定杀手级应用，但我们确信3D打印机一定会比激光打印机更好、更便宜甚至更快，因为它与在尺寸上不占优势的喷墨打印机使用相同的基本机械与电子技术。唯一的不同是，3D打印机喷射出的液体不同（熔融的塑料，而非墨水），并且多了一个控制高度的发动机。

与当年一样，最初的使用者会有些迷惑。当桌面出版首次面世时，数以万计的使用者发现自己对字体、字间距、文本流和定位等一无所知，必须在一夜之间弄懂数个世纪发展而来的出版词汇和技术。接下来就是一大堆各类字体的花哨文件，但这也引发了创意大爆炸，最终催生了今天的互联网。

现在，随着桌面制造工具的推广普及，业余爱好者也面临着桌面出版时代先锋用户的困惑：他们突然要面对莫名其妙的语言和专业工业设计技术。不过这次不再是环绕文字和行对齐问题，而是“网格”和“G代码”、“光栅”和“进给速度”。别慌，你很快就能了解需要掌握的知识，总有一天孩子们会在五年级的数字制造课上就学习此类技术。谨记，个人电脑革命最初出现时也同样神秘，像素、比特和随机存储器，可现在，我们对于计算的细节几乎无暇思索，部分原因在于成熟的技术已经将大部分“内部设备”从我们眼前隐去。

“创客运动”也是如此。现在，这项运动中到处是被桌面上工业品质工具的巨大潜能搞得眼花缭乱的人。极客陷在新奇的实体创造语言和技术中无法自拔，奋勇探索着这个陌生的新世界。但这只是很快就将成为主流现象的第一波浪潮，不久，这些早期工具就会和喷墨打印机一样普及、易操作。如果历史是领路人，“创客运动”会比几十年前的微处理器更快地改变世界。

我们都是设计师，现在正是我们要长袖善舞的好时候。

第五章 长尾效应

大规模生产为大众服务。

那么为你服务的是什么？

世界各地的工厂也敞开了大门，向拥有数字设计和信用卡的普通人提供基于互联网的按需制造服务。如此一来，创意新阶层得以进入生产领域，将自己的设计产品模型转变成产品，却无须自行建立工厂或公司。制造业也变成了另外一种可由网络浏览器获取的“云服务”，只要你需要，就可以在需要时通过少量的工业设备获得。

最近某个周六，我的两个小女儿决定重新装饰她们的玩具屋。她们一直玩的都是《模拟人生3》，这个电脑游戏实际上是一个虚拟的玩具屋，玩家可以使用各种让人眼花缭乱的家具和角色创造一个“家”，然后看着选中的角色在“家”中度过自己的人生。我的一个女儿把她的“模拟屋”建成了现代“职业女性”风格，配有家用健身房和视听放映室；另一个女儿更偏爱20世纪60年代风格，“家”中满是流线型家电、现代家具，还有一个方正的游泳池。

“电脑时间”结束之后，她们还要玩一会儿真正的玩具屋。这是典型的在数字世界里长大的孩子们的生活，一切皆有可能，一切皆可获得。《模拟人生》中有上百种家具可供选择，那为什么要在选择少得多的现实世界里游戏呢？

现实世界中事情并不总是如此，或者至少尚未如此。

她们的第一个反应当然是跑来让我给她们买更多的玩具家具，而我的第一反应（在说了“不”和“等到你生日的时候”之后）是至少找出有什么可买的玩具家具。我上网查阅之后，很快明白了三件事情：（1）玩具家具确实昂贵；（2）可选种类少得可怜；（3）孩子们喜欢的东西无一例外地不适合玩具屋的大小。对不起了，姑娘们。

这时，她们问我能不能自己做玩具家具，这让我非常开心。不过，我对她们有动手的兴趣感到高兴的同时，也想起了小时候跟爸爸在车库里忙活了几个小时后，除了对着碎木屑和手被工具弄伤的口子抱怨连连外，没有太多收获。这样的记忆让我有些心有余悸。即便我坚持下来帮孩子们做些玩具家具，忙碌一周木工活的结果（如果历史有指导作用的话）也不过是一些放在玩具屋顶楼中的粗笨木器，跟其他楼层中从商店买来的玩具家具根本没法比。

但我们现在有了MakerBot　Thing-O-Matic这样的3D打印机，于是我能够更好地满足女儿们让我做玩具家具的要求。我们登录了Thingiverse网站，这里是三维设计的大知识库，人们把自己的三维设计上传到这里。这个网站简直就是另外一种《模拟人生》，我们想要的各种家具类型，从法国文艺复兴风格到《星际迷航》样式，应有尽有，可供随时下载。我们挑选了一些优雅的维多利亚风格座椅和卧榻，按照玩具屋的大小重新调整尺寸，然后轻击“构建”按钮，一切就大功告成了。20分钟后，我们拿到了自己的“定制”家具。整个过程完全免费、快速方便，而且选择比现实世界多得多，至少比亚马逊网站上的可选种类要多。我们可能再也不会购买玩具家具了。

如果你是玩具商，这件事情肯定会让你对未来充满担忧。

就在我写下这些文字时，柯达公司破产了，它是胶片摄影不敌数码摄影的牺牲品。之前人们必须购买胶卷，送去冲洗店冲洗；数码摄影则无须购买胶卷，还可以使用桌面喷墨打印机在家中打印照片。如果我们现在能够自己制作便宜的塑料玩具，你能否在其中预见未来？

当然，实体物品远比二维形象复杂得多。目前，我们只能使用MakerBot打印机打印少数几个颜色的塑料制品。后期处理效果也比不上塑料注射成型，而且打印出来的颜色细节准确度也无法与中国工厂的喷漆机或模板印刷相比。

但那是因为我们仍处于使用3D打印机点阵等量物的阶段。记不记得20世纪80年代的情况？那时的打印机噪声很大，只能进行粗糙的单色打印——细小的印针在黑色色带上敲敲打打，基本上就是自动化版的电打字机。而就在20多年后的今天，我们已经拥有了廉价、安静的全彩喷墨打印机，其分辨率丝毫不逊于专业打印。

不妨将时间的指针由目前的3D打印机快进到一二十年之后，那时的3D打印机会发展为速度快的无声设备，能够使用各种材料打印，从塑料到木浆，甚至是食物原料，而且会像目前的喷墨打印机一样配备多个彩色墨盒，能够打印出多种色彩组合，还能够在物体表面喷涂出各类形象，比现在最好的玩具工厂的产品更加精细，甚至能在物品中直接制出配套使用的电路——只需装上电池即可使用。

设计的破坏性

当工业大众化，从公司、政府及其他机构独占的领域内剥离，可以为普通民众所用，也就随之产生了脱胎换骨的变化。

我们之前已经看到了这样的图景：从唱片业到报纸业，每当有无数小型参与者出现，大一统的工业版图就会分崩离析。准入门槛降低，就会有大批参与者涌入。

那就是大众化的力量：它把工具放在最了解使用方法的人手中。我们都有自己的需求、专攻领域和想法。如果我们都能使用工具满足自己的需求，或是凭借自己的想法改进工具，那就会共同开发出工具的最大潜能。

互联网将出版、广播和通信推进了普通民众的生活，于是所有数字化方面的参与程度与参与人数都大幅增加——这就是比特的长尾效应。

现在，制造业也正经历着相同的情形——实物的长尾效应。

我的第一本书《长尾理论》（The Long Tail）就是关于长尾效应的著述：文化中出现向利基物品的迁移，但最显著的迁移发生在数字世界里。过去100年间的大部分时光，音乐、电影和书籍等产品的自然变异

与选择都被实体商店、广播频道和巨型电影院等传统分销系统有限的“承载能力”遮蔽起来。一旦这些产品能够通过具有无限“货架空间”（目前尚无更好的对应词汇）的网店销售，需求就会随之而来：巨头垄断的时代一去不返。文化的大众市场已经转向了微市场的长尾效应，随便跟哪个青少年聊一聊就知道我所说的有道理。（我们都身在其中！）

简而言之，我们面对的种类比20世纪的市场所反映的情况更多元化。我们年轻时那些有限的商品选择仅仅反映了当时的零售经济需求，而不是人类品位的真实维度。人人不同，因此有不同的愿望和需求，互联网提供了一个能够满足所有人需求的方式，这是实体市场力所不及的。

当然，这并不只局限于数字世界。互联网也加长了消费者实体产品市场的“尾巴”，只不过在此领域内发生变革的是分销，而非生产。

20世纪实体货物的选择局限主要来自三个分销瓶颈——你只能购买到通过以下全部三项测试的产品：

1.产品达到一定流行程度，制造商愿意制造；

2.产品达到一定流行程度，零售商愿意进货销售；

3.产品达到一定流行程度，消费者能够在市场上找到（通过广告或附近商店的货品陈设）。

如亚马逊网站所示，互联网从最开始就能对后面两条标准有所帮助。

首先，亚马逊等使用中央分销库房的销售商逐渐转向使用分散式库房，列出处理所有进程的第三方卖家清单，因此其清单上的产品数量远远多于实体零售店。（与最初的商品目录零售商类似，但无须通过邮寄方式递送页数有限的纸质目录。）

其次，人们转而使用网络搜索，意味着不再需要依赖实体零售店的推介方式搜寻流行程度不太高的产品。

同时，eBay还提供二手物品的商品目录服务，于是涌现出无数专业网络卖家；Google最终将所有服务整合为搜索引擎这一最终方式。现今，互联网上已经出现了产品的长尾效应，与数字产品的“尾巴”一较高下。由此，前文提及的第2、3两个瓶颈已经基本消除。

第一个瓶颈（首先制造出更多种类的产品）情况如何？互联网在此也发挥了一些作用，互联网对“弥漫性需求”（即在某地无法形成气候并进入实体商店销售的产品在全球范围内具有整体性影响力）的开发能力使得制造商能够为在传统分销中没有立足之地的产品找到市场。因此，更多的利基产品纷纷出炉，它们可以通过网络销往全球市场。

但这还只是开始。切记，互联网革命的真正意义不在于我们能够有更多选择、购买更多产品，而在于我们能够制造自己的产品供其他人消费。数码摄像机的普及为YouTube提供了大量视频内容，数字桌面工具在音乐、出版和软件创造方面作用亦同。只要有足够的聪明才智，人人可以制造产品。使用功能强大的工具以及分销渠道不再是参与障碍。即便你没有为哪家知名公司工作，甚至没有高学历，只要有足够的创意和动力，就一定能找到自己的拥趸。

在互联网实例中，“产品”过去是、现在仍然是数字形式的创意和表达，文字、照片和视频等；不以金钱，而是以时间，在与商业产品的竞争中取胜。博客不是书籍，但最终成为另外一种娱乐与信息传播方式。过去10年最大的变化就是人们用在消费业余内容和专业内容上的时间，Facebook、Tumblr、Pinterest等社交网站的兴起无外乎是大众关注点由20世纪商业内容公司转向21世纪业余内容公司的结果。

如今，相同的事情也正在实体货物领域发生。3D打印机等桌面成型工具就相当于数码相机和音乐编辑工具，任何人都可以使用此类工具创造为己所用的一次性产品。Babble.com创立者、网络创业人鲁弗斯·格里斯科姆（Rufus Griscom）说：“这是业余艺术爱好的复兴。”

同时，世界各地的工厂也敞开了大门，向拥有数字设计和信用卡的普通人提供基于互联网的按需制造服务。如此一来，创意新阶层得以进入生产领域，将自己的设计产品模型转变成产品，却无须自行建立工厂或公司。制造业也变成了另外一种可由网络浏览器获取的“云服务”，只要你需要，就可以在需要时通过少量的工业设备获得。这些工厂自有别人运行，我们只在需要时使用即可，一如我们使用Google或苹果的大型服务器存储照片或处理电子邮件。

对此的学术解释就是：全球供应链已经发展到了“无尺度”阶段，可以为小众和大众同时提供服务，车库发明家和三星均可从中获益。非学术解释则为：没有什么可以阻挡制造产品的步伐，人们才是生产资料的控制者。或如《精益创业》（The Lean Startup）一书作者埃里克·莱斯所说，马克思完全错了，“再也无关生产资料所有制，而是关乎生产资料的承租制”。

开放的供应链反映了10年前即已出现的网络出版与电子商务。从亚马逊到eBay，网络解释了实体利基产品需求的长尾，现在，大众化的生产工具正在激活供应长尾。

工业匠人

我们已身处实物长尾效应中多年，只是该效应此前的规模与今日不可同日而语。挑选一个你感兴趣的领域进行网络搜索。有一辆老爷车，比如老式的MG敞篷车，只需在浏览器上简单点击几下，就能进入超级

专业的供应商网站，他们只为已经停产二三十年的老爷车生产某一配件。或者你想要一个挂项链的首饰架，也许最开始进入的是美国著名的本土家居品牌Crate & Barrel（克拉特·巴雷）的网站，但点击鼠标五次之后就链接到了Etsy上面，从得克萨斯的某位金属制品艺术家手中买到更时尚、更有趣的东西（但未必更贵）。产品种类障碍由此消失了。

“匠人”运动和大规模手工制作的兴起已经引发了对特别产品的广泛需求。就在我写作时，在布鲁克林有大批手工腌菜制造商，伯克利的手工芥子酱市场也热火朝天，甚至还有用石墨磨制的纯天然芥子酱出售。Tcho等本地巧克力制造商凭借植根最深、最符合道德规范的供应链参与市场竞争。宣称“有机”产品和“公平交易”是一回事，但你是否从选择原料开始就使用了品质最高的可可豆？而且从加纳直接进货？还能叫得出几个采摘者的名字？对于真正在意此类细节的人来说，很难因为沉醉于关心自己所做的事情责备这些手工匠人。

那么这些毫不在意大制造业经济要求的人和团体，他们创造的实体利基产品有何不同？

对于新手来说，面向有眼光的客户群的利基产品能够赚取更多利润，例如高级定制时装和优质葡萄酒。品质独特的精品正在极化：它们可能就是你的专属，完全不合适其他人。但这些产品真正的目标客户绝对愿意为了这种专属性大笔花钱，从定制服装到私房菜馆，专属性都是花费不菲。

这被设计公司i.materialize称为“独特性的力量”。在被“以一对多”商品化产品控制的世界里，创造满足个人需求而非符合大众品位的产品才是脱颖而出之道。定制自行车骑行起来更舒适，不过鉴于此类产品需要手工制造，它们目前还只是富人的专享。如果能够使用数字制造生产这些产品，没有任何复杂性成本，同时还能够缩短生产周期，那么情形如何？

电脑正在对生产机器实施控制，那么制造不同产品根本不会增加成本。如果你通过邮局信件收到过刊登着针对你的个性化信息的商品目录或杂志，那是因为之前的“以一对多”的生产机器（印刷厂）变成了“以一对多”的数字机器，不过是使用了稍微大一点儿的桌面喷墨打印机而已。你在超市买的有漂亮糖衣的蛋糕也是如此，个性化的糖衣是由机器臂完成的，制作个性化的蛋糕糖衣与制作完全相同的糖衣同样迅速，个性化制作成本没有任何提高，但超市却可以将个性化蛋糕定个高价，因为这样的蛋糕看上去更有价值。老式的定制化机器非常昂贵，必须以大量制作相同的产品方能弥补定制的成本，但这样的工具开支正在快速减少。

这些利基产品逐渐由人们的愿望与需求而非公司的愿望与需求驱动。当然，人们必须创立公司大量制造这样的产品，但他们也在努力保持自己的根本。此类创业者经常说他们的首要责任是服务社区，盈利被置于次要位置。消费者出身的创业者充满热情，制造出的产品散发着一

种手工制作的品质光芒，并不看重工业生产的所谓效率。

从某种意义上说，这就是亚当·斯密在《国富论》中首次提出的作为高效市场重点的专业化极端情况。斯密认为人们应该做自己最擅长的事情，通过贸易获取其他人制作的专业化产品。鉴于社会在劳动分工下（相对优势外加“贸易等于增长”）能够具有更强的集体力量，单一个人或城镇不应试图完成所有事情。既然现在的专业人士能够通过全球供应链获得商品输入材料，并向全球消费者市场销售产出的利基产品，18世纪时的优势在21世纪尤为彰显。

将近30年前，麻省理工学院的两位教授迈克尔·皮奥里和查尔斯·萨贝尔就在合著的《第二次产业分工》（The Second Industrial Divide）中预测了此次转变。他们指出，20世纪制造经济体的大规模生产模式（人与生产的“第一次产业分工”）既非必然之路，亦非产品制造革新的终点。

在某些不同的历史条件下，使用手工技艺和灵活设备的公司可能会在现代经济生活中发挥主要作用。在几乎所有制造部门内，此类公司不会向基于大规模生产的公司让步。如果这样的机械化工艺生产线流行开来，我们今天很可能会将制造业企业视为与特定的团体相关，而非与由于大规模生产貌似无所不在的独立组织相关。

今天，数字桌面制造已经把皮奥里和萨贝尔能够想象到的“机械化工艺生产”引入了我们的生活。我们并没有回到100年前缝纫机和地方机器加工作坊被大型工厂挤出市场的时代，建立在高科技数字制造之上的“创客运动”赋予了普通人利用大型工厂按需制造产品的能力。这是本地发明与全球生产的完美结合，为由品位而非地缘定义的利基市场提供服务。此类新制造商的共同特点就是，他们不会制造大规模生产时代中风行的“以一对多”的相同产品，而是生产“一对一”的产品，并以此为出发点，找到还有多少消费者与他们分享着共同的兴趣、热情与独特需求。

幸福经济学

有趣的是，这样的超级专业化未必是利益最大化策略，而是意义最大化策略。亚当·戴维森在发表于《纽约时报杂志》上的一篇文章中指出，这是富裕国家中产及以上阶级基本需求全部得以满足之后的自然发展：

热门的幸福经济学的论述相当具有说服力：一旦人们达到了某一生活水平，就会愿意，甚至热切希望放弃高收入的平淡工作，转向回报较低（仍然舒适）但更令人满意的工作。芝加哥经济学家埃里克·赫斯特的研究表明，半数创业者开创事业的初衷是追求幸福感和赚取利润并重。

此外，消费者更加看重自己能够参与创意的产品——无论是动手装

配还是在线向设计师提供建议。研究人员将此称为“宜家效应”，可以一直追溯到“家政运动”。杜克大学的行为经济学家丹·艾瑞里和他的同事在一篇论文中谈及：

速配蛋糕粉诞生于20世纪50年代，和当时其他很多产品一样旨在减轻美国家庭主妇的劳动负担，把她们从琐碎的日常事务中解放出来，但产品问世伊始却遭到了主妇们的抵制：这样的蛋糕粉让烹饪过程太过简单，完全就是低估了主妇们的劳动能力和手艺。于是制造商略微修改了产品配方，使用者需要向蛋糕粉中自行添加鸡蛋，产品由此销量大增。当然，其中的原因不止一个，但将人类劳动融入其中似乎是关键的因素。

在用宜家家具进行的试验中，研究参与者可以选择购买宜家家具自行组装，或是购买完全相同的家具成品，67%以上的参与者选择购买自行组装的家具。在所有情况下，人们都会宁愿多花钱，也要选择有自己劳动结晶凝结在内的产品。这就是“创客溢价”，是对抗商品化的“终极解毒剂”。

随便选择一种利基产品，搜索新的制造商。山地自行车零件、老爷车配件、手机和其他电子产品时髦的硅胶套，这些都可以在网上的新兴微企业家那里出售的商品中找到。虽然每个市场不尽相同，但共通之处在于这些新兴创意阶层的成员曾经都是希望找到此前没有的产品的消费者。因此，他们没有固守于现有市场，而是自己创造更好的东西。一旦制造出一个，就不难制造更多。由此便从消费者阶层最有激情的人群中诞生出了小型商业。

数字世界里的手工含义何在？意大利建筑史学家马里奥·卡普（Mario Carpo）在其2011年的新书《字母与算法》（The Alphabet and the Algorithm）中提出：“变化是所有手工制品的标签。”现在，购买定制套装已经不足为奇。但卡普进一步写道：

现在，同样是区分过程，却能够书写、编程或是进行某些设计，其程度比手工技术时代能够想象的高得多。自动化设计和生产链中也能够出现变化。

想一想互联网即可见一斑。我们每个人看到的互联网都是不同的。当我们浏览亚马逊等大型网络零售商的网页时，每个人都会看到不同的商品推荐，这是网站算法根据我们个人的喜好对网页进行了重新安排。即便是内容相同的网页，页面广告也会有所不同，由软件在评估我们的历史浏览行为并预测未来的可能行动之后发布。我们的搜索也存在不同，不仅搜索字符串不同，即便使用相同搜索字符串的不同用户，也会因为个人搜索历史不同而得到不同的搜索结果。

卡普写道：“这就是Google能够收获大笔财富的黄金法则。这一法则在传统的机械环境中可能会成为一大障碍，但却在新的数字环境中转变

成一种财富，准确地说，是盈利程度极高的财富之一。”

内部信息

可以肯定的是，量体裁衣的原始市场一直存在。现在有何不同？简单回答就是，DIY文化突然与网络文化相遇，二者的重合落在数字设计上：实体产品首先在屏幕上创造出来。

去苹果专卖店走走看看，那些吸引人的产品（设计精美、制造精良的钛板、高端塑料和电路）都是在世界某个角落的电脑屏幕上诞生的。耐克店里的产品或是汽车店中的汽车，全部如此。

实体产品越来越多地成为由数控磨盘、印刷电路板拾放机等自动化装备赋予实体形式的数字信息。这样的信息就是被翻译成自动化生产设备指令语言的设计。从某种意义上看，现今的硬件主要就是软件，产品也不过就是知识产权的商品材料表现形式——这一法则适用于电子产品成品芯片的驱动码或是推进制造的三维设计文件。

成为信息的产品越多，能够将产品作为信息对待处理的程度也就越高：大家共同创造，全球在线分享，重新混合和设计，免费共享，如果你愿意，也可以自己独享。总之，原子能够成为新比特的原因就在于，它们越来越多地以比特的方式运作。

于是我们就看到了被Replicator（摹写器）博主约瑟夫·弗莱厄蒂（Joseph Flaherty）称为“原子摩尔定律”的东西。原版的摩尔定律以英特尔公司的研究人员戈登·摩尔命名，指出当价格不变时，电脑的处理性能每24个月就会增强1倍。自20世纪70年代以来，这一定律一直被电脑业奉为金科玉律。这一指数增长源自“符合学习曲线”现象：半导体研究中的突破性发现速度相当迅猛（大约每3年就有新发现），不断有效改进已有的半导体产品，因此整个行业能够飞速进步。

为什么并非所有行业都能享有如此的进步速度呢？因为半导体仍是科学研究长弧中相对新兴的领域，建立在20世纪初的量子力学与材料科学的突破进展之上。20世纪初是伟大的发现时代，开拓了物理学的全新领域。如理查德·费曼的名言所说，在物质的原子层级上，“底部还有很大空间”，而我们才不过刚刚开始探索旅程。

制造业最好的类比是什么？不是像新物理学那样了不起的东西，而仅仅是把原版的摩尔定律带给我们的技术结合起来：电脑、数字信息、互联网，以及联系在一起的人们（这是重中之重）。

重新混合实体世界

人们很容易错过此次转变，毕竟远观整个制造过程不会发现有多少不同。我的外公在纸上画出机械设计图，然后在自己的小工作室里制作模型。我使用CAD软件设计产品，把设计文件发送到桌面制造工具上或远程服务商的自动化机器上成型。但我们最终殊途同归，都能得到设计的成品模型。那么我的制作方式优势何在？

答案是：优势在于数字信息的独特品质。看上去只是很小的区别：产品被作为实体物品加以分享，或产品作为实体物品的数字描述加以分享。毕竟只要能够制造出产品，不管是用哪种方法，谁会在意操作指南的具体形式？

但基于我们过去数十年的经验，数字会带来完全不同的体验。数字文件可以几乎没有任何成本地无限分享与复制，不降低品质。更重要的是，数字文件还可以便捷地修改。我们置身于“重新混合”的文化之中：每一样东西都受到已有事物的启发，原创设计和对已有作品的重新诠释都闪耀着创造性的光芒——情况一直如此（希腊人认为只有7种基本情节，所有故事不过是在这7种情节框架中做出细节上的调整），只是从未像现在这般轻而易举。就像苹果公司鼓励乐迷们“自选、自制、自刻”，Autodesk公司现在也正大力推行“自选、自改、自制”（把物品进行3D扫描，使用CAD软件修改，在3D打印机上打印出来）。

轻松“重新混合”数字文件的能力正是推动社区发展的引擎，向大众发出了参与其中的邀请函。你无须从零开始发明创造或必须持有原创的创意，只需参与对现有创意或设计的共同改进即可。修改数字文件比自己创造简单很多，参与的门槛也由此降低。

我的外公是一位孤独的发明家，不单是因为他喜爱独处，还因为他没有任何能够轻松与人分享发明的工具。虽然我的性格可能与外公相似，但我有数字媒体，自然可以与人分享。社区在分享过程中建立，而社区最擅长的就是重新混合：探求某一产品的各种可能性变化，在探求过程中不断改进该产品，然后以任何个人或单一公司无法企及的速度将产品推广、普及。

不要把数字产品设计看作成品的图形，而应该看作如何制造该产品的数学公式。这可不是一种比喻，这是CAD软件的工作实况。当你在电脑屏幕上绘制三维物体设计图时，电脑正在编写一系列几何公式，用于以任何材质制造任何大小的该物体，无论是显示器上的像素还是打印机中的塑料，都没有问题。这些公式逐渐不再局限于描述某一物品的形状，同样可以描述物品的物理性状，即柔韧或坚硬、导电或隔热、光滑或粗糙。

所以，现在每样东西都是一种算法。既然Google能够利用算法为每个搜索引擎使用者提供不同的搜索结果，算法也就可以为不同的客户定制各类产品。

建筑设计师格雷戈·林恩在“99把茶壶”（99　Teapots）项目中首先使用CAD软件包设计出一把茶壶，然后通过软件重新混合产生了另外98把。每把茶壶都制作成碳质模型，内部涂以金属钛，这样每把茶壶都是独一无二、与众不同的。（每把售价高达5万美元，这些茶壶的艺术性远远超过了实用性，但制作过程与产品本身同样值得玩味。）

林恩着重指出了这个项目的要点：形式的变化是成为现代设计师的关键。他在2005年TED（技术、娱乐与设计）大会上的讲话阐明了宝马设计的挑战。无论何时，宝马公司都有从3万美元一辆的宝马3系到7万美元一辆的宝马7系等几十种设计。所有的宝马汽车都应该“看着像宝马车”，即宝马公司的所有产品都具有某种共性。但如果一辆宝马7系车的价格是一辆3系车的2倍，两者就无法具有太多的相似性，反而是宝马7系车之间更加相似。

那么“宝马特性”包括哪些因素？宝马7系又有哪些特点？绝不仅限于机械参数，肯定还有一些无法言说的美学因素，虽然不能用语言描述，但显而易见。数十年前，这样的设计能力足以成就设计大家；现在，如果是为宝马和苹果这样以个人设计风格见长的公司工作，上述设计能力也必不可少。但对于大多数公司而言，真正起决定性作用的是功能强劲的算法。软件逐渐成为设计进程的驱动因素，人工负责做出大致设计轮廓之后，其中的细节与变化就要交付编码完成，视材料特性与制造效率而定，很容易就能融入各种变化。

卡普对此的解释是：“算法、软件、硬件和数字制造工具是产品设计新标准……与在产品上打上相同形式烙印的机械印记不同，算法印记可以改变成品的外观与可见形式，由此产品可以随时变形、变化。”

似曾相识？这与10年前许诺“大规模定制”的首波网络零售遥相呼应。如果产品可以按需生产，为什么不能按需设计，或者至少让客户拥有可以根据个人喜好进行定制的能力？10年前戴尔在个人定制电脑方面的巨大成功开创了大到汽车、小到服装均可定制的新纪元。

但事情并未如人所愿，或至少规模没有达到预期。比如，人们仍然首先根据性能可靠性选择汽车。制造过程中的变化越多就越难控制产品不良率。没有精良的客户三维模型（以及对客户着装颜色偏好的了解），就很难准确裁衣，所以男人们还是需要亲自到裁缝店里量体定制。

如今，大规模定制的典型实例仍然只是琐碎小事，更不用说那些老生常谈：耐克专属鞋（你可以在标准运动鞋的基础上设计自己独有的创新样式）、定制的M&M’s巧克力豆等。在iPad平板电脑背后刻上自己的名字基本不算是工业革命。

连戴尔也几乎不再提供大规模定制。现在，你只能在标准型号的基础上选择不同的内存、CPU、硬盘和显卡；如果想要最具人气的配置产

品（戴尔最擅长这样的大规模生产），就需要多等两周才能拿到心仪的电脑。汽车公司的情形也是一样，认为变化越多，产品质量的变数越大，库存的不确定性随之增高。如果要在无限备选项与廉价可靠的现成产品之间选择，消费者还是趋向于安全的“以一对多”的旧模式。

同样，消费者在线设计专属产品也属于小众范畴。Threadless（T恤衫）、Lulu（自有出版书籍）、CafePress（咖啡杯和其他小物件）等都是正在蓬勃发展的商业，但它们更多的是创造性平台，而非大规模定制的突出典型，只是为消费者提供了小批量制造的标准平台：衬衫、马克杯和书籍。

所以，我在此就不对“大规模定制”进行过多论述了。新制造模式真正要激发的是利基产品的大众市场。这里要考虑的是一万个单位，既非千万（大众）亦非一个（大规模定制）。不再需要为了占有全球市场、发掘客户而大批量销售产品，因为这些产品不会被摆上沃尔玛的货架。它们通过电子商务销售，拥有见解独到的客户群。这类人群紧随社会媒体的潮流，看重口口相传的品质，在线购买别具一格的产品。

麻省理工学院教授尼尔·格申费尔德的《制造：即将到来的桌面革命》（Fab: The Coming Revolution on Your Desktop）在10年前即已预测到了“创客运动”。格申费尔德在2011年创客博览会上发表了讲话，这样描述他的预测：

我意识到个人制造才是数字制造的杀手级应用，不在于能够做出沃尔玛有售的东西，而是要做出在沃尔玛买不到的东西。

这就像是从主机到个人电脑的转变：它们的功能是不同的，个人电脑并非用来处理库存和工资账单，而是用来处理个人事务，比如收发电子邮件和玩电子游戏，个人制造也情同此理。

小批量

博主杰森·考柯一直在纠结应该如何称呼新的创业者阶层、那些瞄准全球需求分散的利基市场的家庭手工业，将其称为“精品”似乎过于做作，“独立制作”也不大对。他发现其实已经涌现出了各色名称，比如手艺人、工匠、定制、碧空、工作室、制作室、长尾、敏捷、盆景公司、夫妻店、小型、特色、分解、心胸宽广、放手去做商业、柔道馆、房子、庙宇、同人俱乐部以及迪斯科，但似乎每个词汇都没有抓住“创客运动”的精髓。

于是他使用了在波旁威士忌酒生产中最常见的词汇“小批量”，该词在烈酒行业意指手工制造，但其广义也指那些将产品质量置于市场规模之上的商业。这些商业业主更看重自己的兴趣，并不一味追求大众市场。现在对于能够进入制造与分销领域的人来说，“小批量”不失为一个

切实可行的选择。沃尔玛以及伴其而生的种种妥协不再是通向成功的唯一道路。

随着创意直接进入生产环节，无须资金或工具设备，百万车库发明家的集体潜力即将释放。“三个摆弄笔记本电脑的毛头小伙”曾经是网络创业的代名词，如今，硬件公司也被冠以这样的名头。“硬件越来越像软件了。”麻省理工学院教授埃里克·冯·希普尔如是说。

互联网只是自下而上的开源合作型工业模型的概念验证。现在，革命终于在现实世界中爆发了。

第二部分 未 来

第六章 变形工具

3D打印机正向着炼金术士的梦想迈进：想要什么就能做什么。

大规模生产的优势在于重复制造与标准化，而3D打印则有利于个性化与定制化。数字制造时代的一大胜利是我们可以在大规模生产与定制之间做出选择，却不用支付昂贵的手工制作费用。这两者现在已经成为可行的自动化制造方法。

"茶。格雷伯爵。热气腾腾。"

每当让–卢克·皮卡德舰长（Jean-Luc Picard）坐在星舰企业号的准备室里想喝一杯热饮时，他只要用语言表达一下，战舰上的"复制器"就会收集各种所需的原子，包括制造杯子的原子，然后沏好一杯热气腾腾的茶。这样的过程基本不在皮卡德舰长的思考范围内，以此方式沏茶之于他就像今天的微波炉之于我们。我们现在在厨房里使用无线电波激活原子、产生热量（这在20世纪50年代可是令人兴奋的大事），皮卡德的"复制器"使用《星际迷航：下一代》里没有明确说明的神奇能量技术，获取可以自我聚合的原子，形成食品和饮料。

那是科幻电影，但也不是完全没有可能。当你看到现在的工业用3D打印机时，加上一点儿诗意的破格想象，就能看到《星际迷航》里"复制器"的影子了。一盆静止不动的液态树脂，激光像闪电一样开始跟踪其中的形状，于是从原料盆中产生出各种形状，仿佛有一种魔法从空中变出了各式食品。

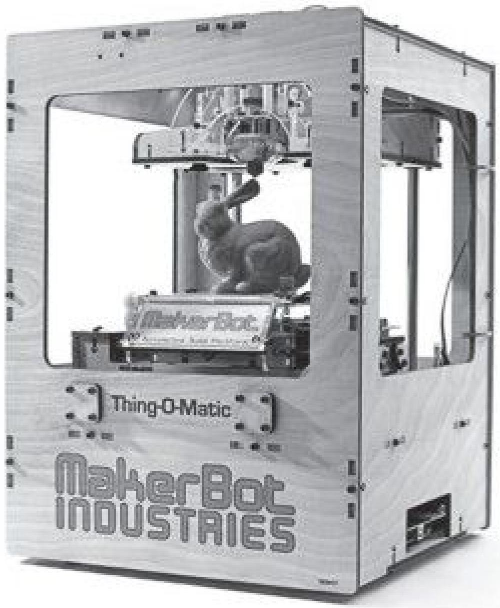
不过，诗意的破格想象在此要暂告一段落，我们现在离分子自我聚合还很远，至少离有效使用还很远。一台3D打印机一次只能使用一种材质工作；如果需要使用多种组合材质，必须使用多个打印头或在打印头间来回转换，与目前桌面喷墨打印机的彩色墨盒原理一样。能够获得的分辨率大约只有50微米（一根细发粗细），而自然界的真实分辨率可以比此精微千倍，只有几十纳米粗细。而且，3D打印机的工作方式绝对与自我聚合无关：它确实可以实现"自我聚合"，不过却需要激光的力量固化粉末或液态树脂，或融化塑料，然后通过细管喷射出来。

但你一定明白我的意思。我们能够想象出一样东西，在电脑上绘制出来，用机器使其成型；只需要按下一个按钮，物体（最终）会出现。亚瑟·C·克拉克说："任何足够先进的技术都可以称为魔法。"越来越接近本质了。

四个桌面工厂

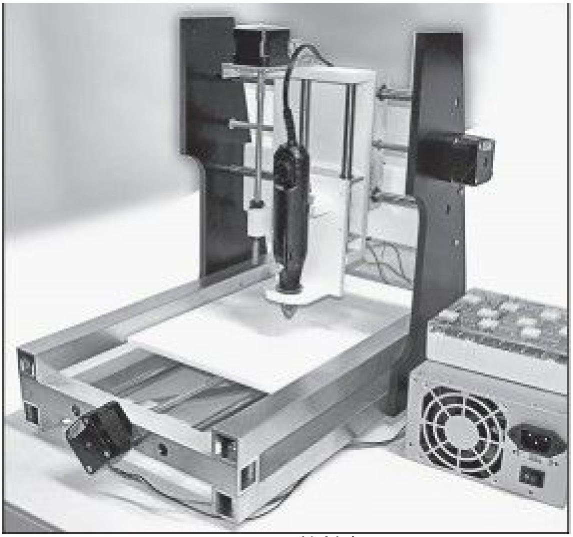
（1）3D打印机：3D打印机和你可能已经使用的桌面纸质打印机作用相似。传统的激光（或喷墨）打印机是2D打印机：从屏幕上获取像素，将其在二维介质（通常是纸张）上转化成墨点或碳粉点。3D打印机则获取屏幕上的"几何图形"（使用好莱坞用来

制作电脑特技电影的同类工具制作出的三维物体），然后将其转变成可以拿在手里并使用的实物。有些3D打印机拉伸多层熔融塑料，制作实物；有些则使用激光将液态或粉末状树脂固化为硬层，从原料盆中形成实物；还有一些能够使用任何材料制作物品，比如玻璃、钢、铜、金、钛，甚至是蛋糕糖霜。你可以打印一根笛子或是一顿饭。3D打印机甚至可以向支撑矩阵上喷射干细胞悬浊液，使用活体细胞打印出人体器官，与喷墨打印机在纸张上打印没有什么两样。



（MakerBot Thing-O-Matic 3D打印机）

（2）数控机器：3D打印机使用“加法”技术制造物品（一层一层叠加材料制作实物），而数控刨槽机或铣床则是使用“减法”技术制造相似的产品。“减法”技术非常神奇，通过使用钻头在塑料、木头或金属板块上切割出产品。数控机器种类繁多：数控纺缝机和刺绣机、数控标牌切割机/刻字机（用于丝网印刷）以及工匠使用的数控裁纸机/布料切割机等。有些数控机器与一张大桌子尺寸相当，专门用于制作木料家具（大的工业数控机器与库房大小相近，能够切割出飞机机身这样的大型物体）。



（MyDIYC数控机）

（3）激光切割机：激光切割机是最受欢迎的桌面新工具之一，大部分为二维设备，使用强力激光在塑料、木材和薄金属板等各类材质上精准切割出任何复杂程度的形状。很多CAD软件都可以将三维物体分解为二维部件，使用激光切割机制作，然后向插片恐龙玩具那样整齐地插接起来。



（Epilog Zing激光切割机）

（4）3D扫描仪：通过这个跟面包箱差不多大小的设备，你可以实现"现实捕捉"。不必费力地重新描画一个物体，只要把已有的物品放在3D扫描仪前就可以了。设备使用激光或其他光源以及一台摄像机，从各个角度拍摄物体的图像，然后将其转化成数万个或数十万个多边形构成的三维形象，就像是电子游戏里的人物形象或是电脑特技电影。软件简化了扫描仪的操作，你可以随心修改获得的三维形象。最普通的首次试验就是扫描你自己的头部，把自己的脸部三维形象夸张变形，然后用3D打印机打印出你

自己形象的摇头玩偶。



（Zscanner 3D扫描仪）

今天，你可能还会认为3D打印是尖端技术，是高端设计工作室和极客们的玩具。但你也可能已经碰到过3D打印机了，只是它太过平常，根本没有引起你的注意。

使用定制的牙科配件，比如调整牙齿整齐程度的护齿，在数月间做出了一系列微调，每一次都把牙齿调整到新的位置，但是调整幅度小到不易察觉。此例中，牙科技术人员扫描就诊者牙齿的当前位置，使用软件建立所有中间位置的数学模型，调整到理想的端点。最后，这些位置使用塑料3D打印出就诊者佩戴的各种护齿，每种护齿戴两三周，直到将牙齿调整到新的位置为止。

你购买的每一种电子产品以及周围出现的新建筑的模型，也是通过相似的过程制造出了原始模型，还有3D打印定制的假肢。如果你的运气够好，只看一次牙医就换了新的牙冠，很可能牙医的办公室里就有一台3D打印机（喷射出来的是珐琅）。医生甚至可以使用金属钛3D打印出整块下颌骨，进行更换。

现在，你可以买到定制的3D打印《魔兽世界》角色玩具人偶，或是你自己的Xbox Live在线游戏头像。在东京，你可以扫描自己的头部，然后得到逼真的“本尊”玩具人偶（千万别被吓到啊）。

商业3D打印仅使用几十种材质，大部分为各种金属和塑料，还有更多材质正在试验中。研究人员正在试验更多新奇的材料，比如木浆和碳纳米管，扩大该技术的应用范围。某些3D打印机可以打印电路，从无到有地制造出复杂的电子产品。还有一些能够在纸杯蛋糕上打印糖衣，以及喷射出融化的巧克力等液态食品。

在巨型规模方面，已经有3D打印机可以“打印”混凝土材质的多层楼房。目前，这样一台3D打印机必须和能够打印出来的建筑物一样大小，但很可能某一天就能够作为水泥搅拌车的内置部分出现，通过位置数据决定浇筑混凝土的位置与数量，直接读取、执行建筑设计师的CAD图纸。

同时，研究人员也在努力在相反方向上取得进展：在分子层级使用3D打印。现在已经有能够在惰性材料“支架”上3D打印病人自身细胞的“生物打印机”了。一旦细胞正确着位，就可以生长成器官，目前已在实验室中创造出了膀胱和肾脏。如果使用干细胞打印，新生组织则会形成自己的血管和内部结构。

现在，对于3D打印前景的看法可以说是理想远大。三维CAD软件领先制造商Autodesk的首席执行官卡尔·巴斯认为计算机控制制造与原有的大规模生产同属脱胎换骨似的变化，不仅能改变传统消费品的制造方式，还能在小到生物分子层级、大到房屋与桥梁等各个规模上进行3D打印。

巴斯在为《华盛顿邮报》撰写的一篇文章中解释了此种制造方式的不同之处：

小批量生产高质量产品、以合理价格售出的能力正在引发巨大的经济混乱，其中可以看到美国制造业的未来。

在3D打印等计算机控制的制造进程里，复杂性与品质不会产生任何成本……传统的纸质打印机能够轻松打印出一个圆圈或是一张《蒙娜丽莎》。3D打印机的原理同此。

从设计角度看，这是革命性的进步。设计师不再需要关心或了解制造进程，因为计算机控制的机器会自行决定，可以用金属、塑料、纸板或蛋糕糖衣制作同一个设计产品。（也许这样的功能不是非常实用，但一定会存在。）巴斯解释：“我们有史以来第一次能够将产品设计与制造分离开，因为产品所有的打印信息都已经包含在设计中了。”

3D打印机更具优势的地方是，鉴于其不断发展且用于小规模的定制制造，此类打印机制造产品的方式更具可持续性。由于产品都在本地制造，运输成本很低或为零。所用原材料仅为所需材料，因此造成的浪费很少甚至没有浪费。而且，既然是客户定制的产品，则会受到更多重视，保存时间更长。个性化产品被主人抛弃的概率要低得多，人们非常在意此类物品。

《福布斯》杂志的出版人里奇·卡尔加德认为3D打印“是2015~2025年的变革性技术”。他写道：

使用3D打印机，可以把制造业经济由大规模工业重塑为以前小型设计商店的手工匠人模式。换言之，制造真实的物品可以由资本密集型产

业转变成更接近艺术与软件的模式。这有利于美国的创造性技术发展。

但也必须谨记3D打印和其他数字生产技术的劣势，它们无法创造规模经济。制造1 000个产品和制造1个产品，前者的单位成本并不比后者低。所以，此类制造的优势在于：更改每一产品的特性或仅仅制造少量产品，并不会造成任何损失。

这恰恰是大规模生产的反过程。大规模生产的优势在于重复制造与标准化，而3D打印则有利于个性化与定制化。数字制造时代的一大胜利是我们可以在大规模生产与定制之间做出选择，却不用支付昂贵的手工制作费用。这两者现在已经成为可行的自动化制造方法。

如果想要做100万只橡皮鸭子，注塑成型是必需的步骤。第一只橡皮鸭子的成本可能会高达1万美元，因为需要使用工具制作模型，但之后制造的每只鸭子都会分摊这笔一次性开支。等到100万只橡皮鸭子全部制作完成，每只的成本不过是很少的原料开销。再看看用3D打印制作橡皮鸭子，情形就完全不同：制作第一只鸭子可能只需要花费工本费20美元——巨大的成本节约，但糟糕的是，做到第100万只鸭子时，每只的成本仍旧这么多——成本支出不会因为生产数量增加而降低。

除了机器成本分摊之外，3D打印一次只能制作一只橡皮鸭子（可能要耗费一个小时的时间），而注塑成型一次能够制作一打或者更多，所用时间甚至不到一分钟。但注塑成型要求至少生产数百只橡皮鸭子，方能体现其成本低廉的优势。数字制造在小批量生产上胜出，而大批量生产还是需要采取传统的生产模式（见图6–1）。

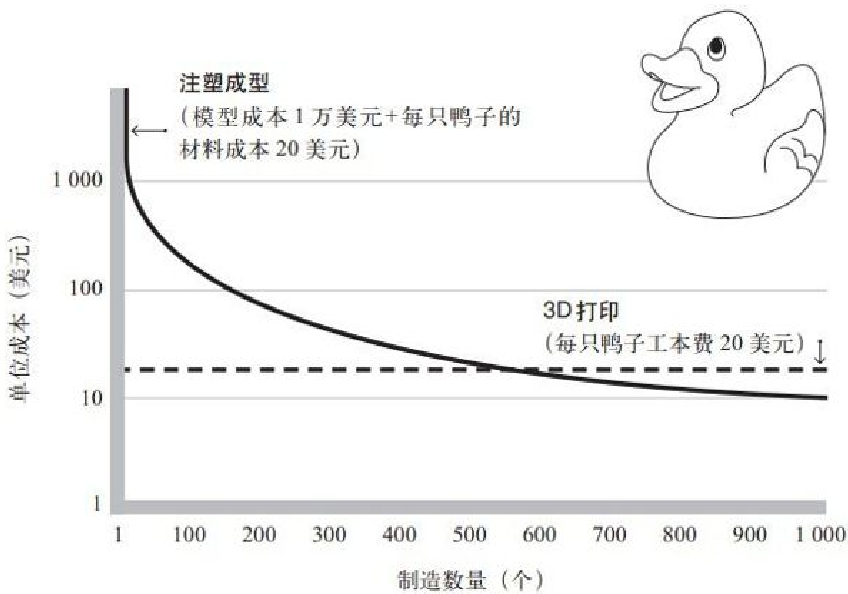


图6-1 制造橡皮鸭子的两种方法

考虑一下有多少产品实际上更需要小批量生产，而不是以百万为单

位大规模生产。实物长尾在数十年前还只能依赖于手工制造，而今天，数字制造已经可以最小批量地自动化生产近乎完美品质的产品。因为未能通过大规模生产经济验证而不能上市的利基产品，或是那些需由手工制造而贵得惊人的产品，现在都唾手可得。

数字制造颠覆了传统制造业经济学。大规模生产中最大的开销为前期的工具投入，而且产品越复杂，更改越多，成本也就越高。数字制造则刚好相反，传统制造中昂贵的东西在数字制造中无须任何花费。

1. 变化无须花费：制造不同的产品与制造完全一样的产品花费相同。

2. 复杂性无须花费：3D打印各种小型部件构成的精确产品与3D打印一个普通的塑料块花费相同。电脑无所谓要做多少运算。

3. 灵活性无须花费：在生产开始后修改产品只需要修改指令编码。机器无须任何更改。

上述优势不一定只体现在3D打印中。我们已经有了类似的定制“标准化平台”：T恤衫及其他简单服装、咖啡杯和便签等，Threadless、CafePress等公司已经在产品定制打印中找到了巨大商机。此例中，使用的技术还不是3D打印，仅仅是复杂图案和材质的2D打印而已，但效果相同：为永远无法在大规模生产市场中立足的产品开创出欣欣向荣的市场。

通常，Threadless和CafePress公司接受的定制数量为几十件，而不是几件，当然也不会接受数千件的定制，但这一长尾的集合效应却不能小觑。CafePress公司有超过200万个客户，其2011年的收入为1.75亿美元。该公司的股份已经公开交易，就在我写下这段文字时，CafePress公司的市值已经达到了2.5亿美元。这对T恤衫和马克杯定制印刷公司来说，业绩不错。

打印机如何工作

让我们还是回到3D打印机上，这种神奇的机器激发了未来主义者和车间发明家等人的极大想象。它如何工作？

3D打印机在本质上就是计算机数字控制三轴机器的变形，两台计算机控制的发动机负责控制喷头的左右与前后运动（x轴和y轴），另有一台发动机上下移动托有被打印物体的打印机托盘或平台（z轴）。

如果你在更换墨盒时注意过桌面喷墨打印机的内部构造，就比较了解。喷墨打印机是2D打印设备，即只在x轴和y轴上工作，前后移动喷头的发动机与3D打印机中的两个发动机类似，喷墨打印机使用辊在另外一个轴上传送纸张。两者总体概念完全相同：电脑将设计转换成发动机指

令，在精准的位置上迅速调用打印材质。3D打印机只是使用了更多发动机，喷射出的材质也不仅限于油墨，但做的事情与喷墨打印机没有区别。

MakerBot等3D打印机通过一个微孔挤压出ABS塑料，将材料层层重叠，这一进程称为熔融沉积成型（FDM）。另外一些更高端的3D打印机使用激光在材质盆中硬化液态树脂（立体光刻或SLA），或层层硬化粉末状塑料、金属或陶瓷，这一进程称为选择性激光烧结（SLS）。激光机器使用的材质种类更多，所获分辨率也更高，但比喷射塑料的3D打印机昂贵许多，后者更宜家用。在某种意义上，这就像是普通纸张打印机的情况：激光打印机多用于办公场所，而家庭多选用喷墨打印机。

3D打印机使用“加法”技术，即采用从物体底部层层堆积的方式打印、制作。与此相反，数控刨槽机或数控铣床等数控机器则使用“减法”技术，使用旋转工具从材料上切割或磨掉不需要的部分。因此，“加法”进程是使用材料堆积出物体“应该的”样子，“减法”进程则是去除物体“不应该有的”部分。

使用3D打印机时，软件首先检测待制物体的CAD文件，计算出如何使用最少的材料与时间制成该物体。以制作一个人物头像为例，必须打印出头像的外壁，但根据使用材料不同，需要判断具体的宽度。软件会计算出最小的宽度值，同时保持表面的强韧度。

通常，头像内壁不可见，因此无须打印。但如果没有任何内部结构，头像可能易损。因此，软件通常会生成头像内部蜂窝状支撑结构，使用最少量的材料提供最大强度的支持（如果在3D打印服务商处打印成型一个物体，通常需要向服务商支付材料费以及使用机器的工时费）。

之后，软件会在水平层面上“切片”，分解成打印机能够处理的薄片。每一薄片都是一组指令，指挥打印头在x轴及y轴方向上喷射材料或在粉末或树脂上扫射激光。当打印头移至构建区域上方时，会跟踪找到物体的整体切片，软件则会选择打印头需要移动的最短距离路径。

在一定意义上，这与近30年前引发了桌面出版运动的原始Postscript语言概念相同，都是把人们能够理解的视觉语言（以前是桌面出版中的词句与字体，现在是屏幕上的三维物体）转化成电脑能够理解的机器语言。现在的制造语言名为“G代码”。正如Postscript最初设计为巨型工业打印机的驱动语言，现在却应用于桌面打印机之上，G代码原本是为了车间工作而编写，现在在创客的工作室中的3D打印机上找到了用武之地。

当一层薄片3D打印完成之后，G代码就会向z轴发动机发送指令，将打印头略微向上移动，以便跟踪发现下一薄片，喷注堆积另一薄片层。材质按此方式层层堆积，最终完成3D打印的成品。

某些3D打印机（如使用硬化液态树脂打印的机器）在工作过程中，

待制物体实际上是在原料盆中由上向下移动的，以便新一层的液体能够从上至下包裹在前一层材质之外，通过激光硬化。此类3D打印的分辨率高达数十纳米，打印结构与人类细胞大小相同。另外一些3D打印机则使用黏合剂粘贴极薄的塑料薄膜，然后打印头在每层上切割出形状。但基本原理相同：以尽可能薄的分层薄片堆积成型被打印物体。使用高品质3D打印机时，根本看不出薄片分层。

使用激光硬化粉末成型物体的3D打印机有诸多优势，其中之一便是未硬化粉末仍然密集堆放在托盘上，可以对被打印物体的悬垂部分起到结构性支持作用。粉末真正冷却之前，都会呈下垂状态。打印进程结束后，操作人员取出成型物体，刷去多余的粉末。在喷射熔融塑料的3D打印机上也可使用上述方法，但通常是在做第二个头像时使用比较理想：此时托盘上已有一层粉末或其他不用的废料，必须使用支撑杆支撑上层的下垂部分。

所有这些制造计算听上去都相当复杂，但全部是自动完成的。实际上，看起来就像是变魔术。这就是数字制造之美，你无须了解机器的工作原理或知道应如何优化机器的刀具路径，这些工作统统都由软件完成。物体的CAD设计中已经包含了3D打印机计算制作方法的所有必需信息。

自制打印俱乐部

所有一切最初都诞生于20世纪80年代的工业工具公司中，但就像个人电脑一样，这一技术在过去10年已经延展到普通人的生活里。想知道这一切都是如何发生的吗？很简单，坐地铁前往布鲁克林第三大道，敲一敲那扇金属门，门上有大大的、手机能够识别的QR码。然后等着头发乱蓬蓬的时髦年轻人来给你开门。如果不是有了这么一个地方，布鲁克林第三大道会平庸很多。

欢迎来到Botcave。

在这个经过改建的酿酒厂中，布雷·佩蒂斯、扎克·史密斯和他们在MakerBot公司的硬件工程师小组正在制造第一台价值1 000美元的主流3D打印机。MakerBot Thing-O-Matic 3D打印机不使用激光，而是通过喷挤出不同颜色的0.33毫米粗细的熔融ABS塑料使物体成型。

工业用3D打印机外观类似医疗设备，但MakerBot出品的打印机更加个性化，装饰有荧光字母，每台都充分体现了其拥有者对这台打印机的热爱。我的MakerBot打印机是黑色的，上面配有橙色的字母和蓝色的发光二极管。在光线昏暗的房间里，它看上去很酷。

开箱即用的MakerBot产品是常规的3D打印机：根据数字文件制造塑料部件。马上需要一个齿轮？下载一张设计图纸，然后自行3D打印出来

即可。想要修改一个已有物品？扫描该物品，使用Google上搜索到的免费SketchUp三维设计软件把需要修改的部件拧下来，然后加载到ReplicatorG 3D打印软件应用中。几分钟之后，你就能得到一个新的实物：原子的“自选、自制、自刻”。

MakerBot产品是最简单的3D打印机之一，只有四台发动机：x、y、z轴发动机，外加一台喷射由加热器融化后的ABS塑料丝的发动机，将熔融ABS塑料喷射到平台上成型物体。MakerBot 3D打印机的框架使用胶合板制成，一些塑料滑轮由另外的MakerBot 3D打印机制造。电子元件安装于Arduino处理器板上。

闪烁的发光二极管数量似乎超出了需要量。如果你非要搞清楚原因，那就是没有弄清重点：MakerBot不只是一种工具，还是玩具。它是革命性的行为，是动力的雕塑，是政治宣言，无与伦比的酷。

我打赌你绝对不会这样形容桌面喷墨打印机。

这就是商用工业工具与DIY运动成果的不同。创客的装备不仅关乎创造过程，也关乎产品本身。MakerBot产品凝结了集体的智慧，你知道它的制造者、崇拜他们的远见卓识，一台MakerBot 3D打印机还闪现着个性的风采——这就是它的特别之处。拥有一台MakerBot 3D打印机，你拥有的就不只是一台机器，更是占据了一个见证文化转变的有利位置。开源不仅是有效的创新方法，对于其追随者来说，也是和民主一样有力的信仰体系。

MakerBot的渊源深远，它建立在此前多个开源项目之上，包括RepRap 3D打印机（一种非常聪明但比较单薄的设计）、Arduino微处理器板，以及一系列将CAD文件转换成控制3D打印机三台发动机指令的软件包。此时，开源意味着打开一切：电子元件、软件、实体设计、文档，甚至是标识。实际上，MakerBot 3D打印机的每一部分或是集体智慧的结晶，或是由创客随心制作，明显体现了放弃知识产权保护后反而能获得更好的社区支持与自发保护。

2009年MakerBot成立后的几个月，我第一次参观了Botcave。狭长的砖墙屋子里整齐摆放着100个纸箱，里面是第9批MakerBot 3D打印机，正在进行组装。（作为顾客之一，当我知道其中一台（序列号400）是属于我的时，真是激动万分。从那时起，它就发挥了大作用，而且我已经把它升级为第二代产品“Thing-O-Matic”了。）用于下一批产品的元件规整地排在架子上，激光切割机则在嗡嗡不停地切割一摞摞薄胶合板，制作打印机的框架。

MakerBot 3D打印机的发明者终于领教了供应链管理的残酷现实：彻底完成装配之前不能发货，有些元件未能按时到达，而有些已经送到的元件又出现了问题。一台MakerBot 3D打印机有几百个部件，只要其中一个出了问题，就要推迟发货。

我看到的现实是，几十台有待完工、发货的打印机等上几周都无法完成。要解决这个问题，只能选择超量订购每种元件，确保所有元件的库存充足。这样的“保险”可以说昂贵。我在那里时，MakerBot 3D打印机的元件库存价值已经将近30万美元，可主要部件仍然缺货。这样把大笔资金困在元件库存中成为呆滞资本非常不利，对于刚刚起步的公司来说尤其如此。因此，MakerBot制造小组开始把注意力从艰苦的研发转向较为平庸但同等重要的问题上：如何保证可靠的元件供应与需求预测？这些是在过去一个世纪里任何涉足制造业的人都会关注的事情，对于这个开源硬件小组的专家们来说却是一件新鲜事。陈腐无法推动变革。

就在我写下这些文字时，MakerBot公司已经销售了超过5 200台3D打印机（价值500余万美元）。每台3D打印机都在小组的努力下有了新的用途和工具，得到更好的改进。比如，最新喷头的成型分辨率可达0.2毫米，另外一个喷头可以夹住旋转的切割机，把打印机变成了一台数控刨槽机。其他机型则得到了升级，成型物体的大小是原来的2倍。

目前，MakerBot已经吸收了1 000万美元资金用于扩大公司规模，投资者中包括亚马逊网站的创始人杰夫·贝佐斯。这笔资金必不可少，甚至还需要更多——MakerBot要与众多低成本3D打印机制造商竞争。目前还是工具包（也可以要求进行预组装）形式的3D打印机，很快就会在MakerBot及其他制造商的推动下，发展成大规模生产的产品，并且价格更低，使用起来也会更加便捷。市场规模会从最初的5 000台增长到5万台，用户也会由最早的技术熟练型人才演变为只是想要做点儿有趣东西的普通人。

同时，惠普等大型打印机制造商也一直虎视眈眈。目前，它们仅向商业客户出售昂贵的3D打印机，但总有一天，也许就在未来几年，主流3D打印机市场终将成熟，可以在沃尔玛和好市多中大量出售3D打印机。那时，惠普或爱普生等大公司的规模经济即会显现优势。一台3D打印机的售价会跌至99美元，到时人人可以拥有。

入门毒品

3D打印机确实令人激动，但它们最终演变为真正的物质编译器的同时，“创客运动”的真正推动力量却蕴藏在不怎么起眼的激光切割机里。随便选择一个创客空间，都能看到成排的激光切割机整天不停地工作，旁边还排着长长的队伍，等着使用。激光切割机属于入门机器，部分原因是它使用起来确实简单，不用费脑筋。创客们把这些机器称作数字制造的“入门毒药”。

激光切割机与其他数字制造工具一样属于数控机器，计算机驱动发动机在xy平面上移动高功率激光器。激光器可以切割金属板（从胶合板、塑料到薄金属板等）或使用不同强度的激光，仅烧穿板材的某些部分，实现蚀刻。

激光切割机以其便于使用而广受欢迎。不必使用三维设计，用Adobe Illustrator等软件设计的二维图纸也可应用于激光切割机之上。大家都可以设计二维图纸，与我们在纸上绘制基本相同。只要你能画出图纸，激光切割机就能制作出你想要的东西。这样就无须大动干戈地用锯子锯了。激光切割机快速、廉价、安静，是入门者理想的模型成型工具。

不过，不能因为激光切割机能够制造二维物体，就小觑了它在三维制造方面的能力。使用特殊的软件包将三维物体分解成二维平面部件，分别切割，甚至可以加上插脚——插槽小部件，便于组装。这样就可以制作出颇具优势、易于组装的组件包了。如果你见过恐龙骨架的拼装玩具包，就应该能够理解激光切割机的工作成果。

Ponoko和Pololu等众多服务商接受客户上传的二维文件，自动修改后，帮助客户选择适当的切割材料。如果所有的部件都能容纳在约为0.093平方米大小的胶合板或塑料板上，花费可能只有15美元。1周后，这些零件就能直接送到你的手中。

如果需要切割更厚重、更大或没有那么平整的物体，就需要使用数控刨槽机或铣床。此类机器与3D打印机一样在x、y、z三个轴上工作，但不是堆积材料成型，而是从材料中切割出需要成型的物体。数控刨槽机与激光切割机的不同之处在于，前者能够精确切割出物体的深度，因此可以一次性制作出真正的三维物体。更为精密的“五轴”工业用机器可以像人手一样灵活地扭动、旋转切割头，从侧面切割，或是像娴熟的雕塑家一样雕刻金属，不过速度之快是人类手工无法企及的。

我已经拥有了一台售价500美元的桌面切割机，名为MyDIYCNC，使用便宜的手持Dremel工具作为切割头。我们和孩子们一起用这台机器制作桌面战争游戏的泡沫塑料沙盘模型。我们这么做是受到了一位创业者的启发，他可以把你最喜欢的电脑游戏“地图”制作成罩在玻璃罩里的立体桌面模型。虽然我们不经常做这样的模型，但对孩子们大有裨益。我们甚至可以把Dremel工具换成一台激光器，这样这台机器就能变成激光切割机了。

如果你最近让橱柜制造商重新装修了你家的厨房，很奇怪的一点就是，他们会使用一种叫做Shopbot的较大型数控刨槽机。你买到的平整包装的宜家家具也是在工厂中使用数控机器制造的，你的汽车最早很可能也是房间大小的数控机器的杰作，这台机器从泡沫材料中切割出车身的模型。仓库大小的数控机器能够从泡沫中制作出飞机的整个机身，作为玻璃纤维机身的原始模型。

现实捕捉：你可以扫描任何物体

所有这些数字工具都是将比特转化成原子的方式。反向行之，把原

子转换成比特，结果会怎样？在屏幕上从无到有地绘制出三维物体可不容易，如果先有了一个与你设想的三维图形相似的图像，你不过在它的基础上进行必要的修改，那就容易得多了。

这一过程称为“现实捕捉”。你可以扫描任何物体，生成圆点构成的“点云”，定义物体表面。然后，另外的软件会将点云连接成多边形网状结构，与电脑动画片中的人物制作相似，可在屏幕上控制、修改。

可以购买商用3D扫描仪，使用激光器追踪物体，并通过摄像头捕捉物体表面各点的位置。不过还有成本更低一些的方法，通过Autodesk提供的免费在线服务123D Catch，你可以上传物体的普通照片（从多角度拍摄），之后，基于云的软件会将照片转换成你能够修改并在3D打印机上打印的三维物体图像。这个在线服务软件甚至已经有了iPad应用版。

或者你可以制作自己的3D扫描仪：利用掌上投影仪向物体上投射格网类型光（“结构光”），该物体通过高分辨率网络摄像头拍摄。旋转物体，网络摄像头将从各个侧面与维度进行捕捉，当已知光线类型投射到物体表面时会发生变形，此时网络摄像头便能抽取出相应的几何形状。

最后，需要使用电脑或智能手机的内置摄像头做一些研究工作。电脑上的软件会指导你旋转、展示物体的不同侧面，填充软件内置模型中缺失的部分。使用“指导性扫描”后，如果某天你想要复制一个物体，那么只需把手机对准那个物体，按照手机上的指示转动物体，放大指定部分，然后轻触“打印”即可。物体就被复制到你的桌面3D打印机中了，而且还可能是彩色模式。

此时，各种可能性都已经清晰明了。我们可以复印现实，至少可以达到好莱坞的专业水平。分辨率不断提高是不争的事实，保真度会越来越高。下一步就要更加深入，不仅扫描外形，更要复制内在功能。我们已经能够制作喝“格雷伯爵”的茶杯了，还要用多久才能制作茶叶呢？

复制器蓄势待发。

第七章 开源硬件

在这个市场里，客户帮你开发产品，然后就会付给你钱？当然，你只需贡献出“比特”，出售掉“原子”。

> 开源的另一个核心方面是，用户可以自行制造产品，无须向你支付任何费用。这对于用户库中0.1%的人来说是件大好事，而他们通常也是产品新创意与创新的最佳源泉。但事实是另外那99.9%的用户宁愿付钱给专业人士，确保产品能够使用。那才是公司的核心所在。

2007年3月一个阳光明媚的周五下午，我开始计划和孩子们一起度过一个欢乐的“极客周末”。与往常一样，《连线》的办公室里堆满了大大小小各种箱子，里面都是等待评估的产品。其中有一个乐高思维风暴系列的机器人套装以及一架无线电控制的模型飞机。我一下子就选中了这两样东西，许诺对它们做出评估、写评论文章。我的计划是这样的：我和孩子们周六组装机器人，周日试飞模型飞机。肯定乐趣无穷。

但到了周六中午，一切还没按照我的预想步入正轨。孩子们满心欢喜地拆开了机器人套装的包装盒，组装好简易机器人——一个三轮漫游者。但当我们把电池装进电池槽的一瞬间，我看到了孩子们脸上难掩的失望。事实证明是好莱坞毁掉了孩子们关于机器人的梦想：他们希望看到的是有激光臂的人形机器人，而且还能变形成卡车。可现实是，我们花费一个小时组装、调试的漫游者机器人只能简单地前翻或是哆哆嗦嗦地跳过一段障碍墙。于是我们上网查询，看看还能对该系列产品做些什么。我们发现爱好者们已经发明了各种东西，从解魔方机器人到工作复印机，不一而足。我们也想发明一些新东西，但网上那样的东西对我们来说有点儿难。吃完了午饭，孩子们对它就已经失去了兴趣。

好吧，至少还有模型飞机。我们周日带着模型飞机去了公园，我把飞机掷出去，它一下子就飞到了树上。孩子们很无奈地看着我，完全没想到我的能力如此低下，同时也惊诧于我居然告诉他们这架模型飞机有多棒（而且我们观看的YouTube飞行表演视频也是精彩纷呈），可事实证明它有多糟。我不停地往树上扔树枝，想把模型飞机弄下来；孩子们显得心事重重，假装根本不认识我。结果，我的“极客老爸”周末彻底泡汤。我对自己毁掉了这个周末气恼不已，孩子们的不领情也让我很生气。于是我只好去跑步，发泄一下心里的不满。

跑步的时候，我开始考虑乐高思维风暴系列的传感器，包括若干加速度计（“倾角传感器”）、电子陀螺仪传感器以及一个能够连接到无线全球定位系统传感器上的蓝牙联结。这些小部件其实相当了不起，在我看来，制作一个飞机自动驾驶仪所需的零件也就是这些了。我们完全可以一石二鸟：用乐高思维风暴系列产品做一些从来没人做过的事情，让组装好的机器人控制那架模型飞机！机器人肯定比我更能胜任飞行员的角色。

我一到家就在餐厅的桌子上开始制作乐高自动驾驶仪模型，9岁的孩子在一旁负责软件部分。我们拍了几张照片，发到网上。当晚，这些照片就出现在了科技资讯Slashdot网站的首页上。然后，我们把乐高自动驾驶仪放在了一架模型飞机里——我估计这是世界上第一架乐高无人机，几周之后正式成型。这架“无人机”勉强算是能够运行：它当然能够

在空中自行飞行，只不过飞行方向不受我们控制。

此时，我陷入了困境，决心一定要把这架“无人机”改进成我梦想的样子，而且随后的几年我一直在不断探索。（让人难过的是，孩子们过了几天就完全失去了兴趣，还是回到了电子游戏和YouTube的怀抱，这两样东西能给他们带来更直接的满足感。）

我又设计制作了几个版本的乐高自动驾驶仪，最终研制出了一架具有专业无人机大部分任务执行功能的模型飞机，不过真正的表现并不尽如人意（这架模型目前陈列在丹麦比隆的乐高官方博物馆里。）事实很快证明，乐高思维风暴系列虽然是明星产品，但并不适合用来制作真正的自动驾驶仪：这个系列太大而且价格昂贵，不适合入门者使用，而且在无线电控制系统方面也不太理想。

有没有更好的方法呢？我决定上传我的研究过程和结果，在线寻求解决方案。因为这时正是2007年，Facebook正迅速发展，我建立了社交网站DIYDrones.com（使用Ning平台），而不是通过博客与大家交流（那是2004年时的玩意儿）。

作为社区出现的网站，而非个人消息与信息分享平台的博客，这一区别确实带来了全新的感受。与所有社交网站一样，在我创立的这个社交网站上，所有参与者都与网站创立人一样享有所有制作工具的使用权限：除去一般的发帖，他们还可以书写博文，发起讨论，上传视频和照片，创建个人资料页，互相发送信息。社区成员可以充当调节人的角色，抑恶扬善。

也就是说，我创立的社交网站不单纯关乎我自己或我的想法，而是关乎每一个选择参与进来的人。而且从一开始，几乎就是所有的人。人们很快聚在这里，交换想法，谈论自己的项目与研究。起初，大家只是贴贴编码和设计文件，交流想法，就像是一群书呆子的夸夸其谈。渐渐地，我们建立了有组织的合作体系，包括版本控制体系与文件库、维基、邮件列表和正式的小组任务。

社区成员的研究与成果真的让我大为震惊，他们使用的手机、芯片等各种形式的传感器的价钱甚至比不上一杯咖啡，可是在功能方面却敌得过10年前花费数百万美元的航空电子器件。我仿佛看到了航空业的未来：就像从自制电脑俱乐部成员手中诞生的个人电脑最终在20世纪80年代彻底改变了公司计算世界的格局，现在这个运动的成果迟早也会真正占据我们的天空。我们正在创造。如果这个产业中也会有一家苹果公司，那就是我们！

这时，我的创业本能开始活跃，神经系统中某些部分自动关闭了“为兴趣而做”的功能。由此，我清楚每件事情都必须有目的而为之。通常来讲，这就指向了一个非常令人难过的方向——“把我的爱好产业化”，因此爱好就会变得面目全非。（我在几年前就“为人父母”这个问题做过了

同样的事情，把如何与孩子们分享快乐技术的种种做法变成了“极客老爸”博客，现在是成功的极客老爸独立公司。不过至少在这件事情上，我在为人父母的乐趣彻底消失、变为乏味的工作之前，就将公司出售了。）很明显，DIYDrones也难逃此路。

我的首个家庭手工业

我在餐厅桌子上开始了我的空中机器人创业，在一个社区成员发明的飞艇控制器的基础上装配各种所需部件。我把电路板设计文件发给制造商制作，同时开始寻找能够以合理价格批量购买的其他电子元件。之后就是持续几周的采购，唯一的简单原则就是：制造商的材料不零售。中国大陆制造的发动机、加拿大一间仓库中的飞艇聚酯薄膜“信封”、中国台湾造螺旋桨、一大箱定制的激光切割塑料底座，还有一大摞用于包装的、压扁的比萨饼纸盒。我还从乐高公司申请到了一大箱免费的齿轮和轴。

我自己动手焊接了几十块主板之后就发誓赌咒“我绝不再干这事儿了”，然后在大型免费分类广告网站Craigslist上找到了一个本地的学生帮我焊接另外100多块主板，结果比我自己动手麻烦还多。接下来，我选择了从一开始就应该选择的办法：把其余几百块主板的焊接工作承包给一家装配公司，让自动拾放机更出色地完成这项工作。一大箱完工的主板直接送到我家，我只花了一个晚上检查装配质量、加载软件。

最后就该装配整部自动驾驶仪了。各种元件齐备，我还贿赂了孩子们，让他们帮我打包。餐厅的桌子和地板上铺满了成堆的零件和写明了每个盒子里面应该装多少个零件的便签条。整个早上，孩子们重复着装箱的流程，越来越觉得无聊，他们总算了解了在真正的工厂中工作的状态。（一个刻骨铭心的教训是千万别对5岁孩子的工作质量抱任何期望，我们不得不重新检查所有的箱子。）

在制作社区的下一个设计产品飞机自动驾驶仪主板时，我们一致决定选择专业人士完成。Sparkfun公司比较符合要求，它为新型的开源硬件社区提供电子元件的设计、制造和销售服务。这家公司负责处理采购与制造，因此我们就可以省出时间进行研发，而且不再需要承担库存风险。

但随着时间推移，Sparkfun公司渐渐跟不上我们设计产品的速度，而且我们的很多产品对于Sparkfun公司的商店来说也太过新奇，所以是时候开办我们自己的工厂了。我创建了一家再合适不过的公司3D Robotics，合伙人名叫若尔迪·穆尼奥斯（Jordi Muñoz）（他后来可是功劳不小）。

穆尼奥斯在洛杉矶一个租来的车库中开始建设我们自己的小公司。他可不是一个拾放机器人，而是眼明手稳的干练小伙。我们的回焊炉是

一台改装过的烤炉，每天可以生产几十块主板。

需求量越来越大，车库已经不够用了。穆尼奥斯把车间迁到了圣迭戈一个工业园区的商业区域内，这里更靠近低成本劳动力中心蒂华纳。真正的自动化制造工具随之而来：首先是一台小型的拾放机，然后是一台大一些的，最后一台甚至更大，还配有自动化元件输送机。烤炉也结束了历史使命，换成了一台真正的自动化回焊炉，配备的氮冷却系统能够完美控制温度。当然，我们需要为此准备一台制氮机。就这样，我们逐渐置备了越来越多的专业工具，穆尼奥斯和他的小组在网上下载工具教程，自学使用。

此时，第一家车间已经不能满足需要，于是我们扩大了车间面积，不过很快又显得过于狭小了。现在，3D Robotics已经拥有了一家占地超过1 100平方米的工厂，在蒂华纳的另一家工厂规模相仿。在工人和新产品开发工程师小组的努力下，工厂里的自动化装配机轰鸣终日不断。拾放机器人负责制造电路板。电路板在自动化回焊炉中烘烤，通过制氮机精准控制温度。激光切割机、3D打印机和数控机器则用于制造四驱直升机的零件。这些已经是真正的工厂了，而3年前，穆尼奥斯还在自家厨房的桌子上，用烙铁手工组装电路板。

从创客到百万富翁

我们第1年的收入大概是25万美元；到了第3年，也就是2011年，已经突破了300万美元大关。2012年，我们正在向着500万美元的目标前进。年增长率一直维持在75%~100%之间，这对我们这样的开源硬件公司来说很常见。我们从第1年开始已盈利（这在硬件行业并不太难——只要比成本要价高就可以了），但尽可能将利润再投资到新的产品线建设中。我们是网络公司，从一开始就是全球化的性质，而且希望借助网上口碑相传的网络效应，实现比传统制造业企业更快的发展速度。当然，由于我们制造的是硬件设备，需要投资和一定的制造时间，因此也不可能像最热门的网络公司那样实现“曲棍球杆曲线”的指数增长。

所以我们是一家混合型公司：采用简单的业务模式，享有传统制造业的现金流优势，同时得益于网络公司的营销与影响优势。我们还只是一家小公司，但这样的小公司与干洗店和杂货店等大部分微型公司的不同之处在于，我们是以网络为中心的全球性小公司。

从诞生之日起，我们就参与国际市场竞争。从本地市场起步，以期稍后扩展至国际市场的老套路，让很多公司深陷于缺乏全球竞争力的泥潭。从一开始就加入国际竞争会让公司更加强健。目前，我们2/3销售额的来自美国以外的市场。随着全球影响力的加强，扩大到本地市场之外的力量也越发强劲。

盈利其实不难

利润似乎是网络公司永远无法解决的痛：网络公司依靠增加的访问量赢利，但收费提高的话，似乎与访问量增加完全抵触。鉴于硬件有其固有成本，因此合理的产品定价是建立持续性业务的关键。

创客新手首先易犯的一个错误就是，产品在起步阶段售价过低。看遍各种原因，这一错误很容易理解。他们希望产品大卖，知道低价格必会促进销量增长。有些人甚至觉得，既然产品是开源社区成员志愿创造的成果，以高于成本价格出售未免太不合理。

虽然这样的想法可以理解，但它却是错误的。合理盈利是保证持续性业务的唯一途径。我们在此仅举一例，比如制作了100个可爱的激光切割手摇柄玩具“打鼓娃娃”，每个玩具的木料、激光切割、硬件、包装盒以及说明书等各项成本总计20美元，暂定以25美元一个出售，以防有其他尚未计算在内的成本开销。

这个有趣的产品可说是物美价廉，所以很快就销售一空。于是必须再做一批，这次要做1 000个，所以用于购买原料的资金从几千美元变成了几万美元。由于产品数量过大，不可能在业余时间独自完成装箱、打包，因此必须雇用额外的人手，而且需要租用场地存放所有的盒子、箱子，每天还要去联邦快递的网点发货。

现在，爱好开始变味，好像变成了真正的工作。更糟糕的是，产品越来越受欢迎，自然引起大型网络零售商的注意，他们要求以百件为单位批量购买，但要获得批发折扣。这些著名零售商的询问会让你感到受宠若惊：他们居然能看中你的产品，并且愿意替你销售；销量肯定是你自己的网站不可企及的。但如果你仍以25美元一个的市场价格卖给这些零售商，他们从中肯定无利可图。零售商要求你降低价格，因为他们自己必须从每件售出的商品中获取利润，通常要求获得每件利润的50%。因此，他们提出的价格每件不会超过17美元。那就意味着你要赔本了！成本原本只是在你为爱好所能够承担的开销范围之内，现在却让你和你的公司背上了债务。

创业者很快明白，产品定价至少应是成本的2.3倍，这样他们自己和零售商才能各自享有50%的利润空间（1.5×1.5=2.25）。为创业者预留的50%利润空间用于抵偿刚刚创业时未预料到的各种额外成本，包括额外的雇员成本、保险成本以及客户支持与回报成本。为第三方零售商预留的50%利润空间反映了零售市场的运行原理。（实际上，大部分公司将利润空间定为60%，因此产品定价通常是成本的2.6倍。但我在此考虑了创客新手的利他主义与增长促进因素，因此将以上两个数值降低为50%。）

也就是说，此例中的成本为20美元的玩具应定价为46美元，而非25美元。这听上去可能显得差距太大，但如果一开始就不按照商业运营原

理定价，创客们很快就无力继续生产产品，这对谁都没有好处。这就是爱好与繁荣发展、有利可图的真正商业间的区别。而且还应该记得，在更偏重于定制的产品市场里，产品本身就是较高定价的依据。顾客都是眼光独到、精明的人，他们知道哪些产品是自己的心仪之选，因此也就做好了多花一些钱的准备。这可是很诱人的商业模式。

开源设计的优势

现在，我们每天都在使用开源软件创新：火狐浏览器、安卓手机、大部分网站使用的利努斯网络服务器，以及互联网使用的其他不计其数的开源软件。未来，硬件领域可能也会出现相同的情形。我乘坐开源汽车（以后可能会有更多人听说独立车厂Local Motors出品的性能最全面的越野车Rally Fighter），看着开源飞机从头顶飞过，开源火箭飞入太空，开源潜艇沉向深海。我们还有开源手表和闹钟、卡布奇诺咖啡机以及烤炉。

在某种意义上，所有这些公司都在贡献比特、销售原子。所有的设计文件、软件和其他能够用数字形式表述的组成部分（比特）都可以在线免费共享。在协议下，只要这些内容始终保持开放与共享状态，人们就可以无限制地使用。但实体产品本身（原子）却是用来出售的，因为实体产品的制造过程中确实产生了必须收回的实际成本。

我们每天都能看到越来越多的开源硬件商业模型成功实例。MakerBot 3D打印机就是开源硬件，它的基础原型RepRap亦是如此。Arduino也不例外，还有Adafruit、Seeed Studio和Sparkfun等众多公司的数百种产品。Adafruit公司的菲利普·托伦研究指出，截至2011年年末，已有300余种商业开源硬件产品面世，创造的年收入超过5 000万美元。

开源是杰弗逊和制宪元勋们在1790年将专利法定为美国重要法律之一时的初衷，此前一年，刚刚制定通过了《美国宪法》。他们认为专利的作用（在限定时间内享有的受保护垄断权）根本上并非要确保发明者借此牟利；毕竟，如果发明者对发明秘而不宣，赚钱会变得更容易；相反，专利是要鼓励发明者公开分享他们的发明，让其他人可以从中学习、受益。发明者能够对专利享有许可权的唯一途径就是，将发明公布之后，确保社会整体能够从该项发明中获益。（同理，科学成就通过在期刊上发表保证其可信度与职业发展。）

现在，发明者越来越多地公开分享他们的创新，却不在任何专利保护之下。这就是开源、知识共享和其他与传统知识产权保护不同的方式方法。此举原因何在？因为创造群体坚信，他们从分享中获得的东西多于自己的付出：可以借此得到免费的帮助，改进自己的发明。人们趋向于参与那些前景光明的开源项目，参与者一旦共享这些项目，他们在其中的贡献也就自动得到了共享。发明者能够在推广、营销和错误修正等方面获得反馈与帮助，由此获得“社会资本”，这是关注度与声誉度的结

合（信誉），日后有助于发明者获益。

在开源创新环境中发展而来的产品不会享有与专利发明一样的法律保护，但更有机会在商业中获得成功。奇怪的是，在开源环境中的创造比秘密进行的发明速度更快、效果更好、成本更低。这至少已经由评价市场验证，是一种还算不坏的市场研究。开源创新还享有社区自有的营销小组，成员都是这一成功模式的热切追随者。任何一个在未上市时即已聚合了社区群体的产品，已经证明了自身的成功和价值，鲜有专利能够媲美。

对于基于开源创新的公司来说，优势不仅进入市场那么简单。根据《爱上制作》杂志的蒂姆·奥莱利所说，这是一个构造完美的“参与架构”，数以百计的能工巧匠可以为一直以来的各种激励（从开源软件到维基百科，从成为他们信仰的东西的一部分到只是为了自己的需要制造物品）献计献策且分文不取，他们相互分享只因为这是社区准则。

这是成本更低、速度更快、研发更佳的代名词，可为以此方式开发产品的公司带来不可估量的经济回报。而且不仅局限于研发，产品文件、营销与支持通常也是由社区内的志愿者以相同的形式完成。只要社会激励适当，传统公司中某些成本高昂的功能也可以免费实现。

我们的3D Robotics也采取相同的方式，原因如下：在网上发布设计并允许其他人使用之后，建立起了信任、社区以及潜在的免费开发建议与劳动力源。我们在署名——相同方式共享协议下，发布了电子产品印刷电路板（PCB）设计的原始格式文件（Cadsofts’ Eagle格式），允许商业再使用。同时还在通用公共许可证（GPL）下发布了所有的软件与固件，同样在保有署名以及代码开放的情况下，允许商业再使用。结果是，数以百计的人享有我们的共享代码、错误修正和设计创意，同时也向我们提供免费的产品，对我们改进自有产品大有裨益。

采用开源这一简单方式已使我们基本享有了免费的研发。如果我们采用闭源经营、雇用自己的工程师完成研发工作，那么恐怕要花费数十万美元，更不用说产品质量等问题了。白天，我们的志愿者都是各自领域内的精英——那种很难挖走的高端专业人才；到了晚上，他们则变身成为我们做出巨大贡献的热情志愿者。他们之所以选择这样的方式，是因为我们共同创造着他们自己需要、也希望成为参与者的东西，而且鉴于开源这一方式，他们也很清楚研发成果会被更多人了解、吸引更多人才加入，在由此产生的良性循环中，创新进程的推进速度远远高于传统的研发模式。

一旦你赋予了社区实质性内容，激发了它的活动，开始吸引参与者，你的工作就是给予他们工作。让那些看似具有建设性作用的参与者负责事务，特别要向那些友好有助的成员颁发奖章。一旦你给予为社区建设做出了有益贡献的成员适当的提升或奖励，就会发现他们通常会互相帮助，这样你就能够轻松很多。

最后，是否向志愿者支付费用是个比较让人头疼的问题。我个人倾向于向产品的主要贡献者支付使用费，但如果遭到拒绝，也不必太惊讶。原因很多：他们不是为了钱而参与进来；你支付的数目与他们在日常工作中的收入相比不值一提；他们觉得自己拿了钱，而其他贡献者毫无所获，感觉不好；他们知道此类费用会导致产品价格升高，这与他们参与这项活动的初衷恰相抵触——他们希望能够通过这样的开源共享创造最大的用户群体，而价格越高就意味着用户越少。

然而，除了简单的金钱奖励之外，确实有更具激励效果的奖励办法，对那些顶尖贡献者尤具吸引力——他们希望获得与在其职业生涯中同等重要的成就。

比如，我们为DIY Drones研发小组建立了一套奖励体系。从傻乎乎但是有效的小奖励，比如为“小贡献”（小贡献是指任何规模的编码贡献，也许只用一两个小时就能完成）准备的咖啡杯，到极具经济价值的大奖，像是顶尖贡献者才能得到的3D Robotics的优先认股权。奖励体系见图7–1。

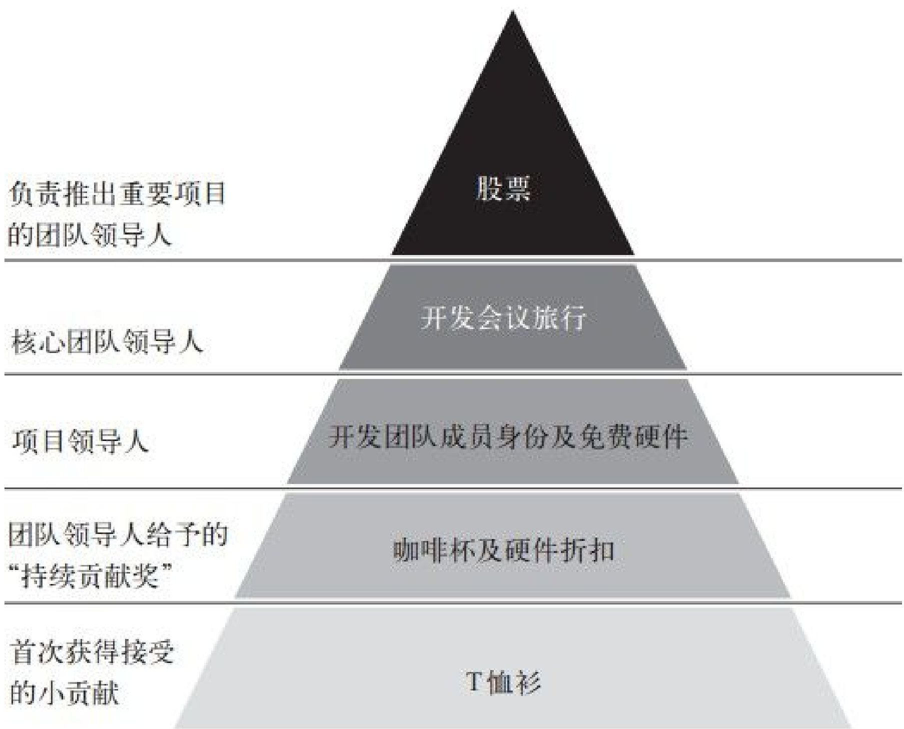


图7–1 奖励体系

如何建立社区

进入开源领域后，你总是要给予一些东西，以期获得更大回报。是

否真有保证？不一定。你还需要建立起一个社区，确保最初产品符合需求，记录在案，而且足够独特，保证人们想要参与开发过程。开源社区的管理本身就可称得上是一份全职工作。不过，等到一切走上正轨，就可以见证奇迹了：你拥有的研发模式会比世界上某些大公司采用的更加迅速、优质、廉价。

着手从零开始创建一个社区时，就应该把它作为一种社交网络经营，而不只是一个博客或讨论小组。最好的新型社交网络工具可以让你武装到牙齿：神奇的博客工具、无所不能的讨论小组、个人资料页、视频、照片……

成功社区的主要元素之一是具有广泛魅力的内容，不仅包括论坛，还有博客跟帖、照片与视频分享以及新闻推送。创客社区包含了上述所有内容，从MakerBot、Sparkfun和Adafruit每日精彩纷呈的博客跟帖，到Kickstarter和Etsy会员的视频资料。

在某种意义上，如此丰富、吸引人的内容就是营销——既是对社区本身也是对社区产品的营销。不管他们自己如何看待这个问题，最成功的创客也是最好的生意人。他们不停地在博客和Twitter上更新产品进程，用照片和视频记录下每个阶段性成果，上传到网上。他们对于创造的热情和兴奋极具感染力，为最终发布的产品营造了良好的氛围。

如此看来，所有公共制造其实都是营销。社区管理、教程帖、Facebook更新、向相关领域内的创客发送电子邮件，这些都是营销。当然，不只关乎营销，这种手段能够如此立竿见影，还是因为它提供了人们欣赏、注意的有价值的东西。最终，无论是产品的命名，还是你决定依赖的东西（像我们就选择了Arduino），你所做的一切至少都是营销决策的一部分。首先，你的社区就是最好的营销渠道。那里不仅是你所需的口口相传和病毒式营销的源头，也是你可以随心所欲、大谈特谈自己产品的地方。如果你给了人们一个聚在一起的理由，能够满足他们的需要和利益，那么对你那些酷酷的小玩意儿喋喋不休就不是做广告，而是满意！

没有围墙的城堡

可是，以开源创新为基础建立的公司该如何保护自己免受竞争挑战或盗版的侵害？毕竟，开源创新的社会契约要求礼尚往来，与创造某一产品的社区分享所有成果。他们的防御优势在哪里？

是品牌吗？很多开源硬件项目共享产品的设计文件，但同时将名称与标识作为专有商标。其他人可以制造相同的产品，但不能称其为相同的产品（至少在该商标已获注册的国家里，这样做是违法的）。品牌确实是一种防御优势，但与品牌侵权斗争的法律程序，特别是在一些国家，代价太大。而且在一个开源世界中，根本不能说克隆出来的产品就

低人一等或是能一眼辨出。

是社区吗？如果社区能够为创新者和其他创客服务，答案就是肯定的。某家公司能够克隆我们的产品，也许他们的产品售价更低，但这家公司不可能拥有我们的社区。如果我们的社区能够发现克隆的产品，他们就会拒绝帮助那些不支持“主队”的人。但我们要诚实一些：我们的社区之所以能够存在，就是因为我们的产品很难使用。此类社区大部分是支持性质，成员间互相帮助，在迷雾重重的新兴地带摸索道路。当然也有开发社区，只有1%的使用者会协助改进产品或开创新的产品方向。

开源创新项目的最终目的是，创造出与传统闭合创新产品一样优秀甚至更好的产品。这就意味着新产品必须易于使用：设计良好、备案完整。你去Crate & Barrel买烤面包机时，肯定不会在意有没有所谓的社区。好的产品并不需要好的社区。有时候，好的产品本身就是它们自己最好的代言人。

此时，唯一真正的防御优势就是生态系统。不是客户社区，而是其他公司和创新者社区，他们生产能够与你的产品配套使用或支持你的产品的东西，比如数万个支持、强化了（大部分）手机的安卓开源操作系统的应用，或是数以百计的能在开源博客平台WordPress上使用的插件和应用。开源是产品不断获得成功的有力支撑。应用可以复制其实没关系，因为信誉产生的网络效应比简单的代码难复制得多。

但如果就是有人想要剽窃我们的成果呢？这就要取决于你对“剽窃”的定义了。如果有人决定使用我们的文件，不做任何大的修改或改进，直接制造出产品，与我们形成竞争，那么他们的成本肯定远远低于我们的，在市场上也会更具竞争力。如果他们能和我们做得一样好，甚至更棒，那可真是不错：这回胜出的就是消费者；我们则可以在这件产品上收手，转而关注具有更高附加值的产品（我们不想涉足商品制造业）。

事实上，上述情况不可能发生。我们的产品已经非常便宜了，而且用于制造的机器人和在他国使用的完全相同，价格也一样。此处几乎不存在劳动力套利机会。

即便产品能以更低的成本制造出来，质量也无差别，那么还有客户支持这个问题。我们的社区就是我们的竞争优势：他们通过论坛、博客教程和维基等方式提供了大部分的客户支持。如果你在eBay上从某个翻造商手里买了一块主板，碰到了问题，我们的社区很可能不会提供帮助，否则就会被视为不支持产品的原创方。

人们怎么能分辨出我们的产品和在开源协议下复制的产品？克隆的产品不能使用相同的名称。我们的商标是我们保护的唯一知识产权，如果人们想要制造相同的主板，就必须使用其他名称。Arduino项目也采用了同样的模式，如果你抄袭制作了一块这样的主板，就不能称之

为“Arduino”（当然，你可以说这块主板 “与Arduino兼容”）。同时，你还必须去掉从公开发表的印刷电路板设计文件上获得的产品标识、名称以及各种图形。这样可以有效维护商业控制权，同时不违背开源的核心原则。

开源的另一个核心方面是，用户可以自行制造产品，无须向你支付任何费用。这对于用户库中0.1%的人来说是件大好事，而他们通常也是产品新创意与创新的最佳源泉。但事实是另外那99.9%的用户宁愿付钱给专业人士，确保产品能够使用。那才是公司的核心所在。

如何让“盗版者”为你所用

此处有一实例，2010年年末，有人在DIY Drones上发帖子说，淘宝、eBay以及其他在线销售平台上有我们的ArduPilot Mega自动驾驶仪主板设计的仿制品出售，这些仿制品是制作精良、功能完善的克隆产品。不仅如此，我们的英文版使用手册以及一些软件还被翻译成了其他语种。

我们的社区成员对这种赤裸裸的“盗版”感到震惊，问我应该怎么办。

我说，不用管它。

此类事情在开源硬件领域完全在意料之内，而且受到鼓励。无须发行成本的软件是免费的。硬件的制造成本高昂，以能够保障持续性业务的最低必要价格出售，保证产品的质量、支持和可获得性，但产品设计也是免费的。所有的知识产权都是开源的，因此社区可以使用、改进或是做出自己的修改版本。

其他人能够克隆产品的可能性是这一模式生而有之的特性，在我们的开源许可之下尤为如此。理想情况下，人们修改或改进产品（“衍生式设计”），满足他们发现的市场需求，而这样的需求是我们目前的产品尚未满足的。这是开源旨在推进的一种创新。但如果人们只是简单地克隆产品，以更低价格出售，我们也无话可说。一切都由市场决定。

在此要顺便提及的是，Arduino开发主板也经历了完全相同的过程，出现了很多仿造版。仿造品有时质量低下，但即使仿造品质量很好，大部分人还是继续支持Arduino的官方产品以及产品的原创人员。现在，克隆产品仅占有很小的市场份额，而且大部分在那些更看重价格的市场中销售。不过，能够进入较低价格的市场也不失为创新的一种形式，不算是坏事。

我个人对此发展感到很开心，原因有四点：

1. 能把维基翻译成其他语种真的很棒，这样就有更多的人能够分享

维基。

2. 这是成功的标志——只有人们希望得到你做的东西时，产品才会被仿造。

3. 竞争是件好事。

4. 克隆很可能最终会发展成真正的创新与改进。切记，我们的许可要求任何衍生式设计都必须是开源的。想想看，如果某个曾经的仿造团队能够开发出更好的设计，该是多么棒。那时，我们就能扭转局面，生产他们的设计，把文件翻译成英文，传向更多国家的市场。结果是皆大欢喜！

我写下上述文字之后不久，就有一位名叫“哈兹”的社区成员在回帖中说，他曾与制造中国版主板的团队合作，而且负责翻译部分。我对他的工作速度表示钦佩，然后问他是否考虑在我们的官方手册中加入中文译本；该译本采用Google代码，与我们的知识库一致。征得他的同意之后，我授予了他维基编辑权限；不然，就要建立一套用户可以选择的平行中文翻译系统。

那时，我们正在使用Subversion版本控制系统（现在我们使用的是Git），Google代码对其操作相对基础一些。维基页面文件与我们的自动驾驶仪源代码同在一个知识库内，而我没有认真检查许可选项，只是给人们可以进入整个知识库的空白“调配”准入（可以创建并编辑文件），以便他们编辑维基的内容。

我给予社区成员此类准入时，总是提醒他们小心不要弄乱了编码（鉴于弄乱编码的风险很高，代码开发组成员资格为专属性质），但我忘记告诉哈兹这件事情。

哈兹做的第一件事情是将手册的中文翻译进行了无缝整合，这样用户简单点击链接就可实现两种语言间的转换。

因为哈兹本人也是我们的自动驾驶仪方面的专家（毕竟，他曾经是克隆产品小组的成员），他同时着手修改英文手册。我能看到所有的调配，全部予以批准：高明、正确、英语完美。

事情变得更加有趣：哈兹开始修正编码本身存在的错误。这样的事情第一次发生时，我以为他只是不小心把某个维基文件放到了错误的文件夹里。不过我检查之后发现，哈兹修改了编码，他的修正不仅完全正确，而且全部都进行了适当的存档。谁知道哈兹居然还是个程序员！

我向他表示了感谢，也就没再多想。但是编码调配源源不断地出现，哈兹以他自己的方式通览了我们的事件列表，逐一挑出开发小组由于时间紧迫而忽略的错误。

现在，哈兹是我们开发小组最棒的成员之一。我们从未谋面，但我慢慢地对他有了一些了解。

他的真名叫黄小江（音译），目前在北京生活，是北京大学计算机科学专业的在读博士生。

他向我讲了自己的故事：

我小时候就对各种模型很感兴趣，希望可以有一架遥控飞机。多年以后，当我大学毕业时，终于买了一架遥控直升机，我还买了各种遥控汽车和飞机。有人会嘲笑我还在玩“玩具”，但我仍然很开心，毕竟那是我儿时的梦想。我上网时无意看到了ArduPilot，被它的强大功能深深吸引。几个朋友也对此非常感兴趣，但英文文件让他们觉得很不方便。所以我就试着把它们翻译成了中文，这样中国玩家就能更好地享受ArduPilot的乐趣。谢谢DIY Drones出色的工作，我希望能够帮助更多的人实现梦想。

这样的事情非常神奇。我们第一次谈及克隆主板的问题时，一些社区成员一开始就得出结论，这是另外一个赤裸裸的盗版案例。他们想知道我们什么时候提起诉讼。当我提醒他们这不是“盗版”版本，而是在我们的开源许可允许甚至是鼓励下，产生的“衍生式设计”。于是，整件事情的论调改变了。

因为我们没有把中国团队妖魔化，而是把他们看作社区的一部分，他们也对我们礼尚往来。哈兹向前迈出了一步，他没有单纯地使用我们的工作成果，也做出了自己的贡献。

现在，他们不只是使用我们的技术，也帮助我们改善已有技术，惠及大众。哈兹实现了他的梦想，也以此方式帮助我们实现了自己的梦想。

第八章 改造最大的工厂

没有任何制造业与汽车业相同。如果汽车业能够改造，任何东西都可以改造。

基本的生产方式每隔几代人就会发生改变：蒸汽、电力、标准化、流水线、精益生产，现在是机器人。改变有时来自管理技术，但真正有力的变化源自新工具。没有工具比电脑更加有力，电脑不仅仅驱动现代工厂的运营，而且正在成为工厂运营的模式。

没有规定说创客公司就必须保持小规模运营。毕竟，硅谷很多巨头企业，无论是惠普还是苹果，都是在车库中起家。“从宿舍到富翁”这样的故事在网上已屡见不鲜，所以那些为了获得学位拼命读书的计算机科学专业的学生有可能被看作缺乏创业精神与勇气的家伙。创客公司是传统制造业企业与网络创业的混合体，有潜质成为下一代产业主流，既有软件产业的增长速度，又有硬件产业的盈利能力。

最终，创客运动成功与否不仅要看其如何改变产品的种类和创业机会，也要看它对整体经济的影响有多大。由此，创客运动必须对最大的制造业产生影响——汽车业首当其冲。即便是在这个情况最严峻的制造部门中，创客们也看到了自己的发展前景。虽然他们可能无法享有庞大的规模经济，但其灵活性和焦点性正是与客户联系最紧密的公司的特点。

当然，汽车工业中一直都有利基汽车企业和小型供应商涌现出来。不过看着大部分英国汽车公司渐渐没落，被出售给跨国巨头企业，我们就知道这个市场实在非常脆弱。问题在于历史已经证明，传统汽车工业对创新充满敌意。间歇式前风挡雨刷器的问世就足以说明这一点。

20世纪发明家的尝试

年轻的工程师罗伯特·卡恩斯在1953年的某个晚上举行了婚礼。在婚礼上，他的左眼被香槟瓶塞击中，完全失明。10年后，他在底特律韦恩州立大学任教。面对微弱视力带来的种种不便，卡恩斯觉得至少应该对自己的福特银河车上的雨刷器做些修改，以便在雨天不受摇来摆去的雨刷器的影响。

雨刷器不仅给只有一只健康眼睛的人带来不便，一旦开启，它就会不停地摆动，完全无视雨的大小。就算是下着毛毛雨，你也只能把雨刷器的速度调慢，但不能让它们暂时停顿。因此，就像是你不停地眨眼，完全没有休息的时间。这给视力较差的驾驶者又增加了注意力分散的因素。对于工程学教授来说，找到改进方法无疑是一种挑战。

于是，卡恩斯在自家地下室的小工作室里敲敲打打起来。他在工作台上制作了一个电动延迟电路，可以对电容渐进充电，以便根据雨势大小调节雨刷器的摆动频率。格雷戈·金尼尔主演的2008年的电影《灵光乍现》（Flash of Genius）讲述了卡恩斯的发明故事：卡恩斯兴高采烈地把新发明的雨刷器模型拿给孩子们看，雨刷器电动机在他妻子的车上工作良好，旁边还有一块铜牌，写着：“它是有生命的！”孩子们对此印象深

刻，甚至帮助卡恩斯完成了焊接工作（毕竟，这只是好莱坞的版本）。这是纯粹的发明：一个人、一个想法、能够让梦想成真的工具和技能。

除去其中戏剧化的部分，电影中的场景与我外公当年的经历极其相似。他们两人都为自己的发明申请了专利，但不同之处在于卡恩斯决定不授权给任何一家汽车公司使用他的发明，而是要自己制造间歇式前风挡雨刷器，然后把成品出售给汽车公司。福特与卡恩斯签订了合同，在福特新车型上安装此类雨刷器。因此，卡恩斯必须建立自己的工厂。

他四处筹钱，从一个合作伙伴那里获得了一笔投资，把自家的房子再抵押，否则就必须为了在20世纪60年代建起一家雨刷器工厂东拼西凑一大笔资金。整件事情非常棘手，而且随着事态发展，证明此举很不明智。

他建立工厂的情形显而易见。首先，要租用一块面积近2 800平方米完全开放的工业场地，除了砖墙、几根柱子和装卸码头以外，一无所有；其次，必须配备全套的生产设备，头戴安全帽的工人们搬着钢架、开着叉车进进出出，搬运传送带上的滚柱轴承——这是典型的工业时代场景；最后，还要和摩托罗拉公司商讨购买晶体管事宜，需要与该公司的财务部门协商信贷问题。这对于小企业家来说，简直就是噩梦。

情况会变得更加可怕，就在卡恩斯准备开工的时候，福特突然终止了交易。卡恩斯打过去的电话总是得不到任何回应，他也搞不清楚原因。眼看收益无望，卡恩斯只能关掉还没开工的工厂。

18个月后，当卡恩斯在雨中开车的时候，看到了三辆崭新的福特野马车正转过街角，开向新品展示会，车上的前风挡雨刷器时摆时停。他的出色创意就这样被盗用了。卡恩斯被彻底打倒了，很快变得疯疯癫癫——电影剩下的部分就是这样。（事实是，福特比电影中演的晚了几年引进间歇式雨刷器，作为其1969年水星系列车型的可选配置。但有关卡恩斯充满了绝望、抑郁和精神崩溃的生活，电影的描述倒是丝毫不差。）

卡恩斯最后将福特和克莱斯勒公司告上了法庭，起诉他们的专利侵权行为。经过多年的漫长诉讼，卡恩斯获得了福特和克莱斯勒公司3 000万美元的赔偿。诉讼费用1 000万美元，但卡恩斯坚持，与福特的官司无关钱财——而是关于处世的原则。2005年卡恩斯的讣告中写道，“卡恩斯经常说，他一生的梦想就是有机会和六个孩子一起开办一家工厂，生产自己发明的雨刷器电动机。”但他一直都没有这个机会，他生前的环境实在艰难。

如果卡恩斯还在世，他可以采用完全不同的方式。首先可以像从前一样，在地下室里生产出第一个原始模型。然后，他不用自己开办工厂，只要找一家公司制作电子元件，再找另外一家公司制作外壳。之后，可以在中国广东省、俄亥俄州或随便某个地方找一家雨刷器制造

商，要求他们使用上述元件进行定制装配。成品可以直接送到客户（汽车公司）手中，整个过程历时不过数月，而不是好几年——如此快的投产速度，大公司根本来不及盗用他的设计。不用工厂，没有诉讼，不会精神失常。他能够实现把发明转化成公司的梦想，也就不必进行那些无谓的斗争了。

灵光，再现

无须想象这样的场景，今天已经能够亲眼看到了。独立车厂Local Motors坐落于亚利桑那州钱德勒的一个改建过的休闲车库房中，位于从凤凰城开车往南20分钟的地方。厂房的柱子上挂着盆栽植物，装点了工厂的内部环境，这个设计创意借鉴自法拉利的一家工厂（不过盆栽植物不见日光很难健康生长）。这个工厂看上去更像一家汽车经销商的店面。对于创业者来说，这里根本没有生产线；每辆汽车都是精心打造，旁边是色彩协调工具箱。

在这里诞生了世界第一批开源汽车，首先面世的是一辆价值75 000美元的巴哈（Baja）赛车，名为“Rally Fighter”，外形曲线仿战斗机外壳设计。位于钱德勒的厂房不过是该公司在美国境内众多微工厂中的一个，每家这样的微工厂约有40名员工，负责生产由社区设计的汽车。社区成员也会参与制造过程。从这样一家工厂，我们可以了解汽车设计、制造和生产的新方式，这一方式可能同样适用于其他很多领域。

Local Motors依据创客原则建立，其设计与大部分现成元件的选择都通过众包完成。该公司的创意设计从不申请专利，希望其他人能够以这些创意为基础制造，对设计有所改进，以便惠及众人。Local Motors几乎没有任何库存，只有当买家支付了定金并且确定了制造日期之后，工厂才会进行元件采购，准备工具包。

Local Motors最初建立的时候，只是为了解决一个问题：该如何在网络上建立一家汽车公司？2007年，杰伊·罗杰斯和杰夫·琼斯决定找到问题的答案。他们建立了一个网站，汽车设计者（专业人士、业余爱好者和那些只是对汽车设计过程感兴趣的人）可以在此分享他们的创意，投票选出自己最中意的设计。他们把公司叫作“Local Motors”，希望有朝一日公司的产品能够广泛分布在社区人群所处的地方，让本地的微工厂成为公司产品的经销商。公司没有大型的中央工厂，而是根据客户的要求，在靠近客户的地方按需制造。

罗杰斯似乎就是为了这项工作而生，他的爷爷拉尔夫·罗杰斯在1945年买下了印第安摩托车公司。第二次世界大战后，凯旋摩托车进入美国市场，老罗杰斯发现他的市场主导产品印第安酋长摩托车系列丧失了竞争力，因此必须设计出新的轻型发动机，生产价格低廉、轻巧便捷的印第安摩托车产品。不过，老罗杰斯在研发过程中走向了破产。转型过于困难，代价太大，公司最终倒闭。

今天，杰伊·罗杰斯正在尝试更加激进的方法，以全新的方式制造汽车——小本经营。现在，环境更有利于公司发展。公司募集了大约1 000万美元资金，罗杰斯认为这已经足够作为公司的启动资本。

小罗杰斯和老罗杰斯所处时代的不同之处是什么？小罗杰斯认为："爷爷的那个时代，由于制造进程受到严格把持，他们没有进入市场的资源。"现在，供应链也向小人物打开了大门。

罗杰斯和琼斯相信，开源创新能够改变我们的驾驶方式。他们的目标任务如下：

旧模式

现有的高资本密集型全球汽车制造商设计出单一模式后，每年进行大批量生产，通过经销商网络推向市场。大规模定制和寻求小批量生产非常困难，而且成本高昂。客户反馈环不足，断断续续。

我们的做法有何不同

我们将授权生产一种轻质的超安全底盘，有盈利空间，年产量为2 000套。我们将在底盘上组装来自开源社区的设计。这个社区聚集了世界各地的设计高手，进行设计创新与改进。我们的小组规定符合价格点的目标部件，社区负责改进。这些设计会传送到我们的供应商网络上，供应商将必要的分组合件以准时生产的方式直接递送给Local Motors工厂。所有汽车均由本地工厂的20人小组负责装配、质检、出售，产量仅为目前大型汽车工厂的1%。

制造此类汽车的最大优势是其符合过去30年的全球汽车制造潮流。由日本企业引导的所有改变，从大一统的工厂向以准时生产方式提供部件的供应商网络的转变，意味着你实际上可以从市场中便捷获得任何需要的东西。虽然小公司可能无法像福特等大公司一样快速、廉价地获得零配件，但全球汽车供应链基本上是向所有人开放的，既能以百万为单位提供，也能只供应数个零配件：就像互联网一样，这是又一个不受规模限制的网络。

38岁的罗杰斯偏爱军装风格的外形设计，这与他曾是一名海军上尉有关，服役期间，他参加了美军在伊拉克的行动。同时，罗杰斯还是哈佛大学的工商管理硕士，并在中国开办了公司。在哈佛大学学习期间，罗杰斯了解到开源设计T恤公司Threadless的运营模式，充分认识到众包的力量。

汽车当然比T恤衫复杂得多，但两者都是"平台"，大家可以借此展示自己的才华，共同创新。而且无论是汽车还是T恤衫，能够贡献出自

己设计的人远远超过了目前从事设计工作的专业人士。在汽车行业，大部分汽车设计专业的学生无法在业内找到工作，最后只能改行设计牙膏包装或儿童玩具。现实把他们变成了灰心丧气的潜在汽车设计师，这个人才库很可能转变成组织良好的汽车设计竞争力，形成设计社区。

竞争无处不在

Local Motors最早在马萨诸塞州威尔汉姆起家，位于波士顿南车程1小时的地方。该工业园区坐落在组装车公司五号赛车工厂后，这家组装车公司也是Local Motors的投资方。组装车生产既是Local Motors历史沿袭的一部分，同时又时刻提醒着这家公司不能走回这条老路上。组装车已有数十年历史，概念验证了汽车工业能够进行制造的最小规模。组装车公司将手工焊接的钢管底盘和玻璃纤维车身与库存的发动机和配件组装在一起。业余爱好者通常在自己家里进行汽车装配。

组装车业内，车辆通常依据著名的赛车或跑车成型，因此诉讼费与许可费一直都是无法摆脱的负担。由此，该行业很难赢利，发展也备受限制。五号赛车工厂自1995年成立以来，仅售出了8 000套组装工具包。

罗杰斯与合作伙伴寻求了一条新路，他们的公司只制造原创设计的车辆：不借鉴传统车型，而是重新设想一辆汽车应该的样子。产品由作为客户的社区成员设计，但不要把社区与委员会相混淆。胜出的设计是由投票和竞赛产生，而不是妥协和同意的结果。

Local Motors在2008年为其第一辆车巴哈赛车举办了竞赛。为激励整个社区的设计构想，罗杰斯要求大家从第二次世界大战期间的P-51野马战斗机中汲取灵感。这一经典强悍的机型代表了罗杰斯心中赛车应有的品质：力量、强悍、敏捷、酷。最重要的是，那只是设计，还不是真正的汽车，因此公司应该不会被诉侵犯了其他人的知识产权。

总体设计的获奖者是加利福尼亚帕萨迪纳艺术中心设计学院图形设计专业的学生金桑浩（他赢得了2万美元的奖金）。金桑浩设计的车身在票选中胜出之后，又涌现出了各种势均力敌的组件设计，从后视镜到车身涂层时髦的乙烯“皮肤”替代品，等等。所有设计贡献者的共同点在于，他们都拒绝设计迎合大众市场需求与传统的汽车，而是致力于设计、制造原创产品——赋予一辆新奇汽车以生命。

最终的设计凝结了160余人的创意和想法。

该如何避免委员会设计常见的问题——既不是骆驼也不是镀金的大象？Local Motors小组采用了旧式的领导机制。社区偏爱他们自己对Rally Fighter的尾灯设计。罗杰斯对此的态度是，没问题，我们可以接受，但制造成本会增加1 000美元。社区的答复是：“我们不想加那么多钱！”于是，他们最终选用了75美元的本田产品，配在车子上看上去确实

也不错。罗杰斯只是温和地引导社区对汽车成本做出了更明智的选择，不必对结果指手画脚。

现在，有必要认真了解一下社区成员，目前的人数已经达到了2万人左右。他们中既有业余爱好者，也有专业人士；一些人已经是汽车设计师，一些人来自其他设计领域，还有一些人只是车迷。他们根据自己的专业知识和需要解决的问题选择具体领域：工业设计、动力、外观、机电系统、操作与采购等。

这些人不会按照所谓的文凭排座次，业余爱好者和专业人士有相同的影响力。几乎所有的开源创新社区都具有这样的特点：如果任何人都能畅谈自己的创意，而且这些创意是以自身的品质而非设计者的简历描述脱颖而出，我们就会发现不少最好的设计者并非专业设计师。

罗杰斯把参与者分为两类："解决方案寻求者"和"解决问题者"。前一类人希望得到与众不同的东西，而后一类人喜欢解决任何问题。在开源社区中，无论是寻求帮助和建议时，还是产品完成后，根据自身需求进行创造的人都愿意在社区中发布自己的设计。由于社区一直有大量进行中的项目帖子，喜欢解决问题的人总能找到事情做。同质性（"爱好相同"）以及在网络中寻求同好的趋势是此类社区的运行动力。

这就激发了才能长尾。很多领域内，拥有技能、创意和时间的人远远多于具有专业学位或文凭的人。追寻自己的热情而非按照老板指令行事的专业人士，以及希望做出贡献的业余爱好者，两类人群的潜在能量才是开源创新的真正动力。

以艺术中心设计学院的毕业生为例。这家学院是美国名列前茅的汽车设计学校，该校约有180名交通项目本科生，大部分学习汽车专业，同时有数百名学生在工业设计等相关专业学习。大约50名毕业生能在汽车公司找到设计工作，其他大部分人则会设计其他类型产品，进入包装消费品公司工作。

因此，大部分汽车设计专业的毕业生并未从事专业对口的工作，但他们中的很多人仍怀有设计汽车的梦想，只是汽车业无法提供足够的全职工作机会。他们必须找到其他的糊口方式。

Local Motors建立的社区为这些人在本职工作之外提供了设计汽车的机会。未能进入汽车业工作的艺术中心设计学院毕业生仍然具有必要的技能、经验和想法，他们只是白天不从事此类工作，不以此为养家糊口的主要手段而已，但到了晚上，他们仍然可以手随心动，设计汽车。如果他们的设计胜出，还会像金桑浩那样赢得奖金。

此类新模式的力量来自它们激发出的"暗能量"（或如作家克莱·舍基所著的《认知盈余》），这种能量一直在我们左右。那是最终的市场解决方案：开源创新社区把潜在供给（该领域内尚未使用的才能）与潜在需求（尚未以平常方式经济生产的产品）联结起来。

如果你能在此类社区中证明自己是一名出色的汽车设计师，可能真的就能为自己找到这样一份设计师的工作。凭借在设计竞赛中的成功，金桑浩现在已经是通用汽车韩国公司的员工了。

一旦社区选定了某一设计，Local Motors的工程师们就会着手将设计投产。他们建造装配架，在上面焊接框架筒体结构，切割出玻璃纤维车身部件的模型。其他大部分配件则从潘世奇汽车集团等汽车零件供应商那里订购。发动机和变速器从宝马及通用汽车等大型汽车制造商处直接购进。这些大公司会向第三方出售零配件。Rally Fighter使用福特F-150卡车的车轴，油箱盖与三菱伊柯丽斯的相同。由专业公司负责汽车性能、安全和可制造性等至关重要的关键部分，而社区的设计赋予汽车外观与风格，这样的组合使众包在使用性具有关键意义的产品制造中依然能够发挥作用。

最后的装配工作由客户在专业机械师的监督下亲自完成，作为钱德勒工厂“制造体验”的一部分。在任何约定的时间内，6辆Rally Fighter都能面对面地排成两行，同时进行组装。每辆车旁都配有一个定制工具箱和一排零件。教练机械师会对各组进行指导。

客户花去两个长周末（总共6天）装配订购的汽车。即使此前连汽车前盖都没打开过也没有关系，等装配完成之后，你就会变成专家了。第一课要学的是如何正确拧好螺帽。首先要用一把扭矩扳手精准地拧紧螺帽。然后你卖力工作，剥离螺栓，这样才能知道拧紧和拧得过紧之间的区别。之后，以相同的方式学习其他各种紧固件和装配技术，完成精简版的机械新手训练。

整个过程基本只是装配，而非真正的制造。钢制管状框架已经做好，事先由两个工人完成焊接。玻璃纤维的车身部件情形相同。6.2升V8发动机是宝马或通用汽车制造的成品，自动变速器也是现成的，从仪表盘到悬架等其他零部件也是如此。如果认真观察，就会发现，后视镜与道奇挑战者的完全相同，方向盘则来自福特F-150。

通常，一组有两个人——经常是父子俩，但如果你想要独自完成装配过程，在教练的帮助下也可以实现，你只需要把所有部件放在一起就可以了。完成之后，可以直接开走。虽然该车为沙漠和各种颠簸路况设计，但由于其座式发动机已经环境保护局测试认可，你大可在50个州内放心驾驶。所以，如果你不在意别人的眼光，就算开着这辆车去逛街也没有问题。

鉴于客户负责制作了汽车至少50%的部分，所有的管理性障碍随之消失。就像自制的“实验性”航空器基本不在美国联邦航空管理局的管辖之内，管理局条例默认为自制航空器所有者已经掌握充足的信息与知识，可以保护自己或至少能了解所面临的风险。Local Motors出品的汽车无须经由碰撞测试，也不必配备安全气囊。这样会让你不舒服吗？如果答案是肯定的，那么你不适合拥有这款汽车。但也有人就是喜欢这样的

车。

客户自行制造产品时，对产品可靠性和客户保护的要求也会放松。如果你的Rally Fighter出了什么问题，你不用把车子开到经销商那里或是等着产品召回。车子是你自己造的，所以也可以自己修理。当你在厂里装配完毕，把车子开回家时，甚至可以拿到一个工具箱，里面都是修车必需的装备。你也是社区的成员之一，这个社区专注于且乐于互相帮助。

绕着工厂走上一圈，就能看到汽车业的过去与未来。用扳手和改锥手工制造汽车真要算是遥远的过去，就像是第一辆无马马车的诞生。目之所及，没有机器人（在幕后负责切割金属的数控机器除外），也没有装配线。

但工厂里也有未来：开源社区方式意味着设计不仅速度更快、成本更低、效果更好，而且已经进行了市场调研（至少最热心的潜在用户已经做好了市场调研）。社区开发的产品很可能会大受欢迎。多个设计同时进行，公司承诺在18个月内将新的汽车设计转化成实体产品，推向市场，而这个时间只够底特律的汽车制造商们改变门饰板的参数。

2011年年初，美国国防先进研究项目局举办了一次“军用越野车”设计比赛，Local Motors在此次赛事中脱颖而出。社区成员们加紧行动，几周之内就拿出了一份设计，并由公司的工程师修改润色。三个半月后，该设计胜出；又过了一个月，罗杰斯亲自向奥巴马总统递交了设计图纸。当然，比赛旨在推进Local Motors这样的公司社区的发展，但也很难相信，美国国防部这样的传统国防承包商能够在三个半月内拿出像样的设计图纸，遑论从无到有地设计并制造出新型高性能军用车辆了。

不是老爸的DIY

这到底有多大的革命性？毕竟，DIY汽车已经有几十年的历史了。按照沙丘车（Meyers Manx）的原型设计，在大众“甲壳虫”底盘上使用玻璃纤维车身的沙丘汽车装配虽然形状尚属简陋，但也已是20世纪六七十年代的代表产物。大约售出了25万个这样的沙丘汽车装配包，也像Rally Fighter一样使用成品汽车元件，由客户自行装配。但它们没有改变世界，肯定未对大型汽车公司造成威胁，也从未真正繁荣起来。

现在又有何不同？

没人指望Local Motors能扩大成大公司或销售数百万辆汽车。实际上，公司定下的销售上限是每种车型2 000辆（第一种车型的销售量远远没有达到这一目标）。总是会有利基汽车公司前仆后继，向车迷销售新奇的汽车，Local Motors不过是众多此类公司中的一家。罗杰斯说他们的公司要填补另类设计市场中的空白，他使用了罐子中的鹅卵石作比喻，

每一块石头都代表主要汽车制造商生产的一辆汽车。鹅卵石之间存有空隙，可以用沙粒填满——Local Motors出品的汽车就是那些沙粒。

将近75 000美元一辆的价格其实并不便宜。虽然Rally Fighter是辆高性能赛车，但没有什么大的技术创新，与其他汽车相比，也没有抢眼的与众不同之处。

然而，Local Motors生产的不仅仅是一辆汽车，它也建立起了一个创新平台，就像苹果手机为独立软件开发者提供了建立应用业务的平台。Local Motors社区不仅能比自成体系的传统封闭型小组更快、更便宜、更好地产生新设计，鉴于设计全部在线开放，社区成员还可以凭借设计建立起自己的项目与业务，所以如果你觉得在设计中加入自动化轮胎充气系统这个主意很酷，那么就别犹豫。如果大家喜欢你的想法，那就把它付诸现实，然后自己销售。无须通过Local Motors或游说工程师为你在设计中添加这一系统，设计出的汽车是开源设计的成果，为整个社区共有。

实际上，Local Motors在2011年年末推出了社区特别设计的Local Forge。

罗杰斯说："我们会继续进行'光晕'项目，但这一平台会用于全新的东西。"接下来，旧金山和达拉斯的微工厂会参与社区设计的制造。

不过，那仍然与旧式沙丘汽车设计的第三方配件市场没有什么不同。但随着汽车越来越像车轮上的电脑，由电力系统驱动，被软件控制，会发生什么呢？那时，"平台"这个词就会变得更加有趣。

Local Motors的下一个市场目标是电动汽车，使用电动发动机替代汽油发动机，使用高分子锂电池换下油箱，使用软件更新传动系统的所有机械部分。任何人都可以购买发动机和电池，而且在开源现象得以认同之后，社区相较于公司通常能够编写更好的软件。现在，不能把电动汽车看作独立的车辆，而要将其视为整个网络的一部分——家庭智能电网、道路分散充电器网络以及用来找到充电器的移动电话网络。

你会放心地把编写联网软件、制造联网设备的工作交给谁？你可能会在初创技术企业的名单之外加上苹果和Google，但可能不会想到丰田、本田、尼桑、宝马或者梅赛德斯。

过去与未来DIY汽车的真正不同就在于汽车从"规模制造的机器"转变为"移动的电脑"。当然，Rally Fighter与沙丘汽车的区别不大明显，但第一辆Local Motors电动车却会完全不同。开源社区开发模式的力量不仅会引起大型汽车公司的注意，更会让其羡慕不已。

通用汽车用了6年时间开发沃特，耗费了65亿美元。硅谷创业线上的特斯拉电动汽车公司也花费了6年时间开发敞篷汽车Roadster，研发费用高达2.5亿美元。而Rally Fighter只用了18个月就推向了市场，不过用

掉了300万美元。即便是Rally Fighter比电动汽车结构简单得多，但进入电动时代后，复杂性主要体现在设计中，而不是实体产品上，而且一个汇聚了众人聪明才智的社区肯定比单一公司更有效率、成果更好、成本更低。

会发生怎样的改变？对于入门者来说，这将改变曾经可以预见的过时与淘汰。随着汽车等产品更多地具有软件而非硬件性质，我们可以抵抗时间之箭，即汽车在你的手中会越变越好，而不是日渐贬值，因为你可以不断对车辆进行软件更新。

想想看，一个网站会随着网站开发人员不断添加新的功能、改进设计而变得越来越好，如果你可以对自己的车子做同样的事情。汽车的软件化程度越高，改进起来也就越容易。

毕竟，汽车受到“电路”控制的程度越来越高，而不是受到机械连接的左右（如果你买了一辆新车，很可能无论是油门、刹车踏板还是方向盘都与发动机或车轮没有实体连接，它们基本只是向软件发布指令的控制杆，软件才是驱动车辆前行的中枢）。所以，汽车公司为什么不像电脑网络浏览器定期更新一样，更新汽车软件、改进车辆性能呢？

让人啼笑皆非的答案是：汽车公司宁愿你再买辆新车。但开源社区创造的产品不会助长此类预期淘汰行为，如果人们想赋予旧有产品新的生命，他们完全有能力做到，而且会付诸行动。新的比特可以赋予旧有原子新的生命。

比如福特公司已经对此有所关注，在2012年年初与技术工坊合作，引进了共享式创造设备。底特律技术工坊占地近1 600平方米，配有激光切割机、3D打印机和数控机器等价值75万美元的设备。公司员工可以随时使用技术工坊，进行与工作或个人项目有关的活动。福特公司计划在第一年吸收2 000名会员。福特员工在这个新的创客空间中制作出了不少创意性原始模型，包括从积雪中清出车辆的方法、有效除雾的单向排气阀门以及可以协助进出测试车辆的“踢板”。自从创客空间项目实施以来，公司收到的专利申请数量上升了30%，负责人将此现象归功于技术工坊向公司注入的创客精神。

产业由此发生了改变。

底特律西（再出发）

无须想象整个汽车工业将会按照此道路如何改变——改变已经发生了。特斯拉公司已经在加利福尼亚弗里蒙特原通用汽车/丰田新联合汽车制造公司的厂址上建立起了世界上现代化程度最高的工厂，它只是碰巧生产汽车，而且能够制造任何东西。那可不仅是“自动化”这个词可以形容，完全就是一支货真价实的机器人军队。几百条多用途库卡机器臂负

责完成从金属弯折到最终装配的所有步骤。平顶的机器人车辆运送车身底盘，行进的同时在电感板上自动充电。发那科（Fanuc）出产的喷涂机器臂能够打开车门，全方位喷涂，工作完成后再把车门关好。

特斯拉每年在这家工厂生产2万辆汽车，听上去产量不低，但公司仍是全球汽车业的新手。即便是汽车业中较小的事件，对于其他领域也相当可观。特斯拉工厂厂房将近1 600米长，雇员超过1 000人，目前是硅谷最大的工厂。如果你看过《钢铁侠》，对此就能有些概念，电影的主人公托尼·史塔克就是根据特斯拉的创立人埃隆·马斯克（Elon Musk）塑造的，而特斯拉的工厂就是电影场景的现实生活版。

工厂的创新意味它所生产的部分汽车并非常规车辆。首先，工厂出品的第一种车型Model S是纯电动汽车，和笔记本电脑一样，完全使用电池供电，就像传统汽车完全依赖汽油供能。Model S没有发动机、变速器或传动系统等复杂的机械部件，而是配备锂离子电池包、电动机以及精密电子元件和软件。也就是说，这样的一辆车上只有极少的传统汽车的机械零件。这样的电动车构造更加简单，因此更易于制造。

在工厂开幕夜的环厂参观中，特斯拉公司负责制造的副总裁吉尔伯特·帕辛介绍，这家工厂就像一台巨大的数控机器——能够通过调整配置制造几乎所有东西。整个工厂可进行程序控制，因此每辆下线的汽车都能做到彼此不同。就是这家工厂可以同时生产几种配件完全不同的汽车，甚至可以交替制造。亨利·福特推广了标准化生产，喜欢说“任何顾客可以将这辆车漆成任何他喜爱的颜色，只要它保持它的黑色”；而特斯拉推进了定制化制造，无论是内饰还是锂离子电池包中的电池数量，一切任由君选。特斯拉甚至可以在特制的颠簸带上模拟各种不平路况，在室内完成车辆道路测试，探查装配松懈或嘎吱作响的部分。这条颠簸带紧邻最后的装配生产线。如果出现了任何问题，负责装配的工人就在旁边，马上可以着手解决，完全不会受到内燃机车辆排放物的毒害。

这家特斯拉工厂的运营原则是制造“众多单一单元”，比任何一家汽车制造商都更接近大规模定制的梦想。汽车的大部分零配件均由工厂自行制造，因此无须大量库存或是长供应链，也就不必忍受相应的不灵活性。垂直整合带来了完全掌控，实现了最终的准时生产进程——在需要的时候生产需要的东西。

将特斯拉工厂与此前在同一厂址上存在过的通用汽车/丰田新联合汽车制造公司作比较。新联合汽车制造公司1984年成立，满怀信心地要在美国汽车制造业发起一次生产效率的革命——由丰田公司引领的日本“精益生产”技术。新联合汽车制造公司将厂址选在已经倒闭的通用汽车弗里蒙特装配厂原址上。该装配厂在经营了20年之后于1982年倒闭，被公认为是美国最糟糕的汽车厂。通用汽车的这家工厂浓缩了20世纪七八十年代美国制造业模式的所有问题，从过时的技术到工人罢工，无所不包：工会腐败、冷漠或是敌对的工人，甚至还有在停车场内进行的毒品和色情交易。

新联合汽车制造公司希望能从厂区起步，帮助重建美国的汽车工业。它在某种意义上可以说是第一个汽车业“棕色地带”。接手一家旧时代遗留下来的倒闭工厂，尽可能更新一切东西，从头再来——在已有工厂的基础上实施“未开发区域”策略。日本的精益生产主要是让工人更多地融入生产进程中，鼓励他们不断反馈，以消除浪费、减少错误。厂方希望通过向美国工人提供更好的工作环境，让他们对自己的劳动成果享有所有权，激励他们为改进生产流程献计献策，从而将这家工厂工人的生产效率提升到日本工人的水平。

今昔的相似性令人惊叹。抱负相同：灵活、高效、高质的生产制造，使用自动化提高质量，通过准时生产供应降低成本、增强灵活性。但不同在于，那时由于还没有强劲的多用途机器臂，自动化仅限于定制的自动化处理机，每种处理机只能应对单一任务。

第一代计算机控制自动化设备更像是蒸汽织机，而非机器人。它只能更好地完成某件事情，而且只是一件事情而已。结果，只能有效制造一种产品；要想改变进程，制造另外一种产品，那可就是难上加难。在通用汽车和丰田于2009年关闭新联合汽车制造公司之前，工厂在不同的厂房区域内生产丰田卡罗拉和塔科马。工厂为了存活下来做了垂死挣扎——生产通用汽车旗下的普锐斯混合动力车，但将整座工厂转型实在是无法完成的任务。

同样，新联合汽车制造公司的准时生产供应模式比传统的底特律批量订购模式要好很多，但仍然依赖于又长又复杂的供应链，链条上的大部分供应商都不在加利福尼亚。实际上，新联合汽车制造公司最终死于远离中西部供应商的经济模式；在竞争日趋激烈的市场中，这样的模式逐渐失去经济意义。虽然准时生产提高了供应链绩效，但仍然没有摆脱供应链本身。一家工厂对他人制造的零配件的依赖程度越高，其自身的灵活性就越低，面临的生产中断风险和定价不确定性也越大。由于新联合汽车制造公司过分依赖供应商长链，工厂不得不在预制零配件的库存与存储中投入大量精力与财力。

今天，数字制造是相当大的改进。与新联合汽车制造公司的定制自动化设备不同，特斯拉的大部分机器人是标准化的库卡机器，配有轻质组合臂，6个运动轴，能够提举1 000公斤的重量。这些组合臂不仅可在数分钟内完成不同任务的重新编程，而且通常能够同时完成数十种不同的任务。在特斯拉装配区域里，紧邻库卡机器臂的是一排各种机械头。一只机器臂可能先是使用金属铝焊接头，然后换成螺栓旋紧头，再之后换成夹具，整个过程自动完成。即便只是负责把金属板从一个冲压分隔间转移至另外一个分隔间的机器臂也是库卡出品。与已被替换的定制运输机器不同，特斯拉工厂使用吸盘或其他气压抓紧器运送各种大小形状的材料。特斯拉沿用了新联合汽车制造公司的冲压机（进行了改装，不再用于冲压旧钢，而是轻质铝），但机器的自动化程序是全新的。

供应链方面也发生了变化。马斯克可以说是个“自制控”，愿意尽可

能自己生产全部所需零配件，而且在这方面经验丰富。比如他的太空探索技术公司，现在是私人太空运输业的龙头。公司采用的基本火箭技术与美国国家航空航天局没有太多不同，但由于生产流程中的差异，使得前者将火箭送入轨道的成本与后者的相比微乎其微。美国国家航空航天局的模式包含了由承包商、分包商和次级分包商构成的复杂（政治化）网络，与此不同，太空探索技术公司使用数字制造工具自行制造几乎全部所需产品。凭借先进技术，该公司可以大幅简化生产制造的流程与官僚体制，成本降低了10倍，可靠性也有所增强。无须在美国国家航空航天局模式上重新设计、改进太空飞行的物理原理，大部分创新都是在厂区内完成的。

特斯拉决心在汽车业做出一样的业绩。旧有的供应链是以劳动分工和比较优势等经典经济学原理为基础，能够制造变速器的公司却不能制造塑料仪表板或防锁死刹车系统。每家公司各有所长，购买者需要通过供应链把所有公司联结起来。

这与计算机技术的早期情况相同。有的计算机专攻精算，有的专门计算弹道导弹轨迹，还有的只用于人口普查统计。于是，研究人员发明了多用途计算机。现在你桌上的电脑几乎无所不能，运行的每个程序都对电脑重新配置，完成不同的功能。鼠标在网络浏览器上点击一下，其作用与在《使命召唤》（Call of Duty）游戏中的完全不同。你的电脑可以是一本书、一部电话、一台电视、一份报纸、一个玩具或是一位安全卫士，所扮演的角色完全取决于其运行的软件。

自动化工厂情形同此。多用途机器人也可像个人电脑一样便捷地重新配置。使用其他多用途数字制造工具——从能够冲压成型金属的强劲激光切割机到制作塑料模型的数控机器，特斯拉能够完成过去必须外包给其他供应商的生产环节。该公司专注于电动汽车，这一产品本身就是电脑业的发展成果，而且数字化水平高于机械化程度，特斯拉制造的零配件具有可重新配置性。Model S的性能来自于软件，而非由复杂的机械传动系统产生。特斯拉大部分车型的仪表盘没有各种专门的仪表，只是像个人电脑一样全部显示在一个多功能屏幕上。

这会形成什么样的制造业未来？可以让美国和其他生产成本较高的国家更具竞争力。新联合汽车制造公司最终败在了廉价的国外竞争与过时、僵化的劳动力密集型生产手中。今天，机器人技术让新联合汽车制造公司在特斯拉身上复活。

然而，机器人并未彻底取代人类。新联合汽车制造公司倒闭了，工厂空空如也——没有工作岗位，大家纷纷失业。而机器人使这家已经死去的工厂重生，带来了1 000个新的工作岗位。新工作的技术含量更高，也比原有的岗位薪酬待遇更好。没错，这意味着很多新联合汽车制造公司的老员工无法满足新工厂的工作要求，但仍有一部分人能胜任。更确切地说，这种模式能够经受全球化经济压力的考验并获得成功。

西部的公司能够以低廉的价格购买库卡机器人。随着自动化掌控了大局，汽车等产品中的劳动力比重正在快速下降，平时的劳动力套利经济学逐渐式微。塑料、铝土矿甚至是锂等各种原材料在全球市场上销售，大家支付的价钱相差无几，其余的成本支出用于土地、电力和税收等方面。这些支出虽然在西方国家仍然较高，但与劳动力成本相比，差距就小得多了。机器人工厂渐渐崛起，数百年来全球贸易流向劳动力价格低廉的市场的趋势可能即将走到尽头。

当然，特斯拉是一个比较特殊的例子。它从新联合汽车制造公司的旧工厂中实际上获得了相当可观的补偿，仅以4 300万美元就购得了新联合汽车制造公司工厂，还包括很多运转正常的设备。作为一家相对年轻的汽车公司（2003年建立），特斯拉不必像底特律老牌汽车公司那样背负养老金和工会义务，除了自动化之外，也没有保留工作岗位的压力。只有一个小问题：公司在2010年获得了5亿美元的联邦贷款。但我们仍要面对现实：特斯拉不是没有倒闭的危险。公司试图凭借昂贵的前沿纯电动汽车闯入汽车行业，而这个领域内的各位巨头却对说服人们为已经有10年历史的混合技术多掏腰包而费尽了心思。

但是，无论特斯拉公司的最终结果如何，其采用的生产模式必将胜出。它只是勾勒了在数字制造技术驱动下，所有先进制造业企业前进的方向。库卡机器人诞生在德国绝非偶然，如此灵活的自动化正是德国这个高生产成本国家的制造业企业能够与中国企业抗衡的原因所在，也让德国成为欧洲经济的发动机。特斯拉工厂是基于这一模式的新型工厂，因此也最具创新性。今天，它制造的是汽车，但这个模式可以制造任何东西。

基本的生产方式每隔几代人就会发生改变：蒸汽、电力、标准化、流水线、精益生产，现在是机器人。改变有时来自管理技术，但真正有力的变化源自新工具。没有工具比电脑更加有力，电脑不仅仅驱动现代工厂的运营，而且正在成为工厂运营的模式。无限灵活与可调，多用途工业机器人可以联手产生通用的“创造机器”。而且像电脑一样，这样的机器能够在任何层面、以任何规模工作，大到特斯拉工厂的厂房，小到你的桌上电脑。先进技术的崛起及其大众化才是真正的革命。

第九章 开源组织

新的制造方式必须有新的公司模式。

制造业的地理位置比单纯追求低劳动力成本更加重要。苹果公司已经证明，越靠近消费者所处的地理位置，公司的产品设计越能更好地满足消费者需求。加州大学欧文分校的肯尼思·克雷默和另外两位美国经济学家在2011年的研究中发现，即便每台iPhone背后都印着“加州设计，中国制造”的字样，iPhone超过一半的价值仍然留在美国境内。

20世纪30年代，刚从伦敦政治经济学院毕业不久的罗纳德·科斯一直在思考大多数人可能都会认为很傻的问题：公司为什么会存在？我们为什么要忠于某一机构，在同一个建筑物内一起完成特定的任务？科斯在其1937年的代表性文章《企业的性质》（The Nature of the Firm）中提出了最终的回答：公司之所以存在，是要将时间、争论、混乱和错误等“交易成本”最小化。

当人们分享共同的目标并明确角色、责任和交流方式时，处理事务会变得简便。一旦碰到问题，只需在旁边隔间内办公的同事完成他分内的工作即可。

但太阳计算机系统公司的联合创立人之一比尔·乔伊在1990年的一次访谈中曾经简略地指出了科斯定律的瑕疵，他发现：“不管你是谁，大部分聪明的人实际上都在为他人工作。”这一理论现在被称为“乔伊法则”，即为了最小化交易成本，我们没有与最好的人选共同工作，而只是选择了公司有能力雇用的人。即便是顶级的公司，这也是一种相当没有效率的方式。

从某种意义上看，乔伊的挖苦不过是对与科斯同时代的弗里德里希·哈耶克观点的现代映射。科斯为中央集权组织找到了存在的依据，而哈耶克则力辩此类组织存在的不合理性。在其1945年的代表性文章《知识在社会中的运用》（The Use of Knowledge in Society）中，哈耶克指出知识在人群中不平等分布，而有组织协调的中央集权公司不能发掘和利用分配到的知识（哈耶克认为只有自由市场具备这样的能力）。

当乔伊在半个世纪后表明与哈耶克相似的观点时，太阳计算机系统公司已经是世界上炙手可热的科技公司之一了。他的评论警告人们不要对此掉以轻心。即使太阳公司认为它已经雇用了最好的工程师，享有了最先进的技术，也还是有更多的合适人选游走于公司外部，而非服务于公司内部。无论太阳公司如何成功，外部竞争的潜力总是越来越大，开源创新会战胜最好的独立公司。实际上，太阳公司最终失去了独立公司的身份（现已成为甲骨文公司的分支机构，乔伊也已离开，成为风险投资人）。

今天，事实仍然如此。以你能想到的最好的公司为例，比如苹果公司，看看它的雇用机制。首先，苹果公司总部位于美国，大部分员工在加利福尼亚的库珀蒂诺工作。因此，员工选择就偏向美国居民或能够在美国合法工作的人，以及那些住在旧金山湾地区或愿意搬到该地区的人。（库珀蒂诺是个好地方，但如果你的另一半不愿意离开她在罗马或清迈的家人，可能还是会有些麻烦的。）

与所有公司一样，苹果公司偏爱有相关工作经验的人，而且很看重名牌大学的学历，认为那是一种智慧与职业操守的证明。虽然乔布斯本人曾是个中途辍学的聪明孩子，但苹果公司里像他这样的人并不多见。苹果也许“不同凡想”，但其雇佣准则与其他优秀的公司非常相似：以专业资质取才。

公司只能雇用希望得到这份工作的人，由此，就又损失了一批已经找到心爱工作、不想跳槽的人才。而且公司不雇用儿童、老人和罪犯，不管这类人如何智慧超群，还有那些无法保守秘密或是不愿受到劳动合同条款束缚的人等都不在公司雇佣范围内。

但在这些被公司招聘排除在外的人群中有很多聪明人，甚至是有大智慧的人。作为一家公司，而不是开源社区，即便是苹果公司也逃不出“乔伊法则”的掌心。

社区更加平等，部分原因在于社区通常没有像公司那样的法律责任与风险。社区在成员参与活动前无须检查他们的个人情况或签订合同，但公司必须履行此类手续。鉴于不必向参与者支付工资（并不是说参与者的贡献得不到任何回报，但只有在项目成果显现之后才会得到奖励，而非工资），社区项目失败的代价会小得多，因此可以不断地尝试参与者提供的各种创意。

当然，社区无法完成所有事情，而且世界经济也不能完全依赖志愿服务运转。乔伊的重点在于劳动力市场正在改变。有了互联网，你不必确认旁边隔间中坐着的人是谁，只需在网上找到最佳人选，发掘他们的聪明才智，就算你身在底特律，而那个人远在达喀尔，都没有关系。更准确地说，这些人可以找到你。开源创新社区的参与者进行自我选择，被出色的项目和聪明的人群所吸引。当工作在开源环境中进行，参与者可以自动找到合意的项目。这是我在自己的机器人社区中的切身体会。

最不可能的首席执行官

我的DIY Drones上线几个月后，已经有了几百名会员。这时，一个名叫若尔迪·穆尼奥斯的人在社区注册后贴了一个链接，是一个很酷的应用，它是穆尼奥斯用名为“Arduino”的新式开源微处理器板制作的，他还找到了通过任天堂游戏机手柄使用这个应用控制玩具直升机的方法。

穆尼奥斯的首个论坛帖这样开篇：“英语不是我的母语，所以如果我描述这个项目时有一些错误，敬请原谅。我给遥控直升机做了一个自动驾驶仪，加速度计是从任天堂的Wii NunChuck中获得的。”他还配上了直升机的照片。电路板和各种线路大大提升了遥控直升机的性能。随后，穆尼奥斯发布了一段视频。

这很快引起了大家的关注。有人发帖鼓励穆尼奥斯：“你的英语很不

错，别太担心翻译的问题，一张图片抵得上千言万语。那段视频尤其令人激动，你的直升机真的太棒了。大家有如此缜密的想法，并且把它们付诸实现，很酷。”

我也对此印象深刻。之前，我从来没用过Arduino，但穆尼奥斯的帖子促使我进一步了解Arduino平台。我向穆尼奥斯询问了更多有关Arduino的问题，此后我们保持联系。我很喜欢他无限的活力、无畏的实验精神和对我无法理解的软件概念的不懈探求，这些都给我留下了深刻的印象。我感觉到穆尼奥斯确实了解一些东西，他找到越来越多令人兴奋的技术，无论是发现并找到具体用法的传感器，还是从晦涩文件中寻踪而出的各类算法，统统都在他的掌握之中。

我们最终开始在DIY Drones上合作项目：首先是一台飞机自动驾驶仪，然后是一块自主飞艇控制板。我们互相交换电路板设计，到了晚上各自伏在工作台上忙着焊接各种元件，进行测试。他教我如何编程控制Arduion，告诉我购买各种元件以及制作电路板的好地方。我撰写博文记录我们的项目进程，并把各个项目及在线教程记录在案。

起初，我们只是电子元器件爱好者，与其他DIY控分享各类小诀窍。我们上传链接，根据项目的进展获取所需配件。不过，如果想要自己动手，我们就要想办法制作自己的印刷电路板，而且还要自己从在线供应商那里购买所有元件。结果，只有几十个社区成员使用我们的设计。

很明显，如果希望更多的人参与我们的项目，就必须简化这些项目。我们不能只分享设计文件，让大家自己解决元件购买这样的问题，而需要向大家提供一种包括所有所需配件在内的工具包。然而，这就意味着我们要购买大量配件，把它们打包，然后想办法出售、接到订单。

这样就需要建立一家真正的公司，于是我邀请穆尼奥斯跟我一起创建这家公司。等他同意之后，我觉得是时候让他介绍一下他自己了。

据我所知，若尔迪·穆尼奥斯第一次发帖时仅仅19岁，是墨西哥恩塞纳达人，曾在蒂华纳上高中。那时，他刚刚搬到洛杉矶郊区。他的女朋友也是高中生，拥有双重国籍，她怀孕之后，两个人才注册结婚。穆尼奥斯当时等着美国绿卡的审批，因此除了在公寓里玩玩遥控直升机，无事可做。他从没进过大学。

无须多说，这些都没有关系。唯一关键的是穆尼奥斯能够做什么，而他已经充分证明了自己的能力。现在，穆尼奥斯是3D Robotics的首席执行官，管理着这家价值数百万美元的公司。公司在圣迭戈的工厂绝对处于技术前沿。我写下这些文字时，穆尼奥斯24岁。

这些变化到底是如何发生的？这里有三个步骤：

1. 一个聪明的孩子虽然不是在美国出生、英语说得不太好、学习成

绩也不大理想，但能够上网。他好奇心强，有求知欲，利用史上最强大的信息资源，跻身于世界空中机器人领域领军人物之列。他只是跟随着自己的兴趣前进，但最终成为一名“Google博士生”。

2. 当我不顾一切地决定成立一家空中机器人公司时，我选择与在该领域内认识的最聪明的人共事。我不需要他的简历，根本没有必要，这个年轻人已经用行动证明了自己的能力。

3. 凭借社区的支持、他自己的无畏精神，当然还有Google搜索的强大力量，穆尼奥斯掌握了电子元器件制造以及制造业运营的基本知识。他组建了一个能力超群的团队，基本由20多岁的年轻人组成，都是美国或来自蒂华纳的具有双重文化背景的墨西哥工程师。他们志同道合，通过研究或向他人请教，在线快速学习、掌握自己所需的知识。18个月后，就成功运作了这家世界一流的机器人工厂。

20年前，如果《连线》杂志的编辑决定成立一家空中机器人公司，他选择与一个来自蒂华纳的19岁高中生合作的概率有多大？然而今天，这样的事情似乎再自然不过。为什么不与你共事过并且了解其才能的人一起开办公司呢？只是因为好学校的学历而贸然选择你并不了解的人，风险看上去更大。

这是才能长尾。互联网给了人们展示能力的机会，无论他们的教育程度与文凭到底有何不同。互联网也让各类群组在公司环境之外形成团队，共同工作，不管是否与就业有关。这些更加趋于非正式的组织不受地理限制，有才能的人可以生活在地球的任何一个角落，但依然能够为创新贡献自己的力量。

如《纽约时报》专栏作家托马斯·弗里德曼所说：“曾几何时，我们可以便捷地获得廉价的国外劳动力；现在，我们可以便捷地获得廉价的国外脑力。”因为他们不仅索取酬劳甚少，而且通常都是分文不取，这些人在自己心仪的项目中以全球志愿者的形象出现，同时自有其养家糊口的主业。

目前，我们的机器人公司有大约100名贡献者，共同设计、制造公司的产品。其中大约20人是公司的固定员工，主要为工厂内的硬件工程与制造专业人员，其他80人是主攻软件的志愿者。他们都有自己的主业，包括苹果公司的工程师和蛋糕师等各种职业，但其中一些人会花上几周的时间，其他什么事情都不做，专攻机器人项目。有的人是寻求新挑战的专业软件程序员，有的人只是业余爱好者，他们把这作为生活爱好，自学所需的知识。

也许，这家公司要是参照科斯定律建立的话，我们就需要招聘、雇用第一梯队中的人——那些在该领域中已经相当活跃的专业人士。但若果真如此，我们势必会错过蛋糕师、供职于巴西广告公司的图形艺术家、意大利救护车无线电系统公司的老板、退休的汽车经销商、在加那

利群岛一家能源公司上班的西班牙人，以及其他所有热衷于此却并非专业人士的有才之士。

总之，恰恰因为我们没有按照科斯定律运营公司，才有幸邀请更多更有才能的人加入。我们通过技术而非亲疏降低交易成本。我们同在社交网络下，Skype就是“旁边的隔间”。我们共同的目标是真正的共享，而非指令。

乔伊胜出：开源制造模式

乔伊法则以及基于开放准入互联网原则的新型公司与社区彻底颠覆了科斯定律。今天，科斯设想的传统一体化公司通常会产生比在线项目更高的交易成本。如果能够方便地在线向全球人才市场中的社区成员求助，为何还非要去隔壁办公室找人帮忙，而且还不能确定那个人是否就是解决问题的最佳人选。

公司中总是存在官僚体制、各类手续以及审批流程，是一个旨在维护组织统一性的结构。而社区围绕共同的利益与需求而建，只有必不可少的进程而已。社区因项目而存在，并非为了支持项目所在的公司而生。

当然，社区无法自己完成实体产品，必须有人负责制造、处理库存、购买责任保险、提供客户支持，这些都需要资金、法律结构以及真实的日常责任，所以公司才应运而生。

因此，在新的制造模式下需要新型制造业企业。究其根本，此类企业必须融合传统制造业企业的所有技能与知识——严格的质量控制、有效的库存管理和供应链管理，唯其如此，方能在基本价格与质量方面与传统类型企业竞争。同时，新型制造业企业也必须具有网络公司的属性，围绕产品建立和管理社区，更快、更好、更廉价地设计出新产品。简而言之，新型制造业企业必须兼具最好的硬件及软件公司的特性。原子与比特。

埃默里大学戈伊苏埃塔商学院副院长玛丽安·阿拉维（Maryam Alavi）认为，比开源市场交易成本更低的唯一方式是公司增强其内部的复杂性，以应对日趋复杂的外部市场。她在阿斯本研究所的“工作的未来”项目中解释，这是由于系统理论中的“必要变化率”，同时指出一个系统的复杂性必须与其所在的工作环境相符：“一个组织中的某些部分会由于其应对或不予应对的各种不确定性而趋于等级化，而一个组织中的某些部分需要更具活力、更加开放、更富于变化。”

这就是新的工业组织模式，围绕“小块松散组合”建立。公司规模更小，趋于虚拟、非正式。大部分参与者并非公司员工，他们在运行中组队与重组，受到能力与需求的驱动，而非附属关系与责任的鞭策。最佳

人选为谁工作并不重要，如果项目足够有趣，就会吸引顶级人才纷至沓来。

开放的供应链

建立在上述原则之上的美国制造业经济到底会是什么样子？

表面看来，这个问题毫无意义：看看每天的报纸头条，如果你觉得美国制造业根本没有未来，也不为过。毕竟，美国制造业存在的问题不仅是劳动力成本比其他地方高的问题，更重要的是供应商与技能生态系统甚至也移至国外。

盖瑞·皮萨诺和史兆威就美国竞争力为2009年《哈佛商业评论》撰文指出，由于以下几点原因，亚马逊无法在美国制造Kindle 2。

1.由于美国供应商基地迁至亚洲，Kindle 2的柔性电路连接器由中国制造。

2.由于生产平板液晶显示器的专业研究中心随半导体制造一起迁至亚洲，Kindle 2电泳显示屏在台湾制造。

3.随着玩具、消费电子产品和电脑制造移至中国，美国供应商基地受到威胁，因此Kindle 2的精良注射成型外壳在中国制造。

4.由于韩国已成为手机元件及手机的制造中心，Kindle 2的无线卡在韩国制造。

5.美国公司早已将印刷电路板的制造移至亚洲，因此Kindle 2的控制板在中国制造。

6.随着消费电子产品与笔记本电脑的开发与制造转移至中国，电池的开发与制造也迁至中国，因此Kindle 2的锂聚合物电池亦在中国制造。

皮萨诺与史兆威认为，目前只有苹果公司“还深入参与元件选择、工业设计、软件开发及产品概念表述和满足用户需求等方面，尚能在美国保有其一级设计能力”，可苹果公司的产品也是在中国制造。

那可真是令人沮丧。但我们也要记得，即使美国制造业在过去数十年中惨淡经营，目前仍是世界上规模最大的制造经济体（虽然很快就会被中国超越）。除去美元的通货膨胀因素，美国工厂的产出自1975年以来已经翻了一番有余，目前有望创历史新高。

还有什么产品仍在美国制造？各种会在美国国内销售的大型产品（比如汽车）、劳动力成本与产品价格相比不值一提的高附加值产品

（比如飞机），以及商品竞争程度较低的特殊产品（比如医疗设备）。

通用电气、宝洁、3M、波音以及洛克希德马丁等公司，甚至是美国钢铁公司这样的中坚分子，仍是世界上最大的制造业企业。福特与通用汽车等美国汽车公司也正经历着令人瞩目的好转（部分原因来自政府干预以及强力改革）。美国汽车公司与在美国的外国汽车公司一道，在2011年的总产值几乎接近历史最高点，仅次于2000年纳斯达克股市泡沫时的数值。

因此，即使中国正在崛起，美国制造业仍在某些领域占据主导地位。

也就是说，制造业的地理位置比单纯追求低劳动力成本更加重要。苹果公司已经证明，越靠近消费者所处的地理位置，公司的产品设计越能更好地满足消费者需求。加州大学欧文分校的肯尼思·克雷默和另外两位美国经济学家在2011年的研究中发现，即便每台iPhone背后都印着“加州设计，中国制造”的字样，iPhone超过一半的价值仍然留在美国境内：

尽管这些产品（包括大部分元件在内）均在中国制造，但由于苹果公司将其大部分产品设计、软件开发、产品管理、市场营销等高薪职位都留在了美国本土，产品的主要盈利仍然进入美国经济中。中国在其中扮演的角色其实远低于大部分不负责任的观察者所想。此外，还要考虑日益增加的跨洋运输成本、贸易战与关税等政治风险，以及航运延迟与中断的隐藏成本，还有为了缓解此类问题而持有的过度库存，这些也会增加成本投入。由此可知，为何制造业东移已达到了峰值。

创客能否创造就业

我们近些年来未能创造出的一样东西就是就业。尽管过去40年的产值翻了一番，但制造业的就业却下降了大约30%。增长的产值来自改进的生产效率（大部分为自动化），提高了单位员工的生产力，而无须雇用更多的工人。

此外，美国经济中最大的就业部门是中小企业，而制造业为了与海外低劳动力成本企业相抗衡，在过去数十年内恰恰放弃了中小企业模式，转而寻求规模经济。

实际上，我关于小企业创造就业机会的论断并不十分准确。实际情况是，由于大部分小企业根本坚持不到第三年就倒闭了，它们毁掉了很多亲手创造的就业机会。即便那些有幸存活下来的小企业也都是“独角戏”的个体经营，而且通常还不是全职工作。

真正创造就业的是能够发展壮大的小企业，但与第一次工业革命时的情形不同，它们不一定是雇用大批工人的产业巨头。互联网经济中的

公司大部分仅有数百名雇员，比如Twitter和Tumblr。与创客模式一起成长的制造业企业的情形亦是如此。

以生产Jawbone除噪无线耳机的Aliph公司为例，该公司于1999年由两名斯坦福大学的毕业生亚历克斯·艾塞利和侯赛因·拉赫曼创立，目前每年销售数百万套耳机以及JamBox便携式扬声器系统。Aliph公司没有自己的工厂，所有生产均外包。公司负责设计，合作伙伴制作产品，合力能够打败索尼。

虽然1 000余人为Jawbone耳机的面世贡献了力量，Aliph公司本身仅有100多名员工，其余的人都是公司合作伙伴的雇员。因此，大部分成功的公司也沿着这条道路前进。虽然收入和盈利超出了小公司的范围，但就雇员规模来说，仍属这一范畴。此类公司依互联网而建，其规模自然趋于小型化。

鉴于准入门槛很低，这样的公司数量正不断增加。如此多的小型制造商和制造业企业，其中一些很有可能会出现大幅增长。硅谷模式真的是经济增长的引擎，所有创业者最初都怀有成为下一个Facebook的梦想。虽然并非每个创业者都能达到预期的高度，但只要有几家能够做到，他们就能筑造数百万美元的产业，创造数万个工作机会。

建立在网络驱动的创客模式上的公司能够完成这一任务。为何？原因有三。

首先，由于大部分此类公司都由开源社区起步，具有内在的网络效应和较强的增长潜力。社区不仅能够提供更快、更好、更低廉的产品开发进程，通常还能进行更好、成本更低的市场营销。口口相传是最好的销售方式，还有什么宣传比亲自参与产品创造（至少是亲眼目睹产品创造）的人的话更可信？

其次，这些公司基于网络成立、运营，善于使用网络完成一切任务，从找到低成本的供应商到使用服务商进行虚拟制造，等等。以网络为中心的公司能够更好地利用最佳工具，节省资金，加速产品开发。

最后，在线创建的公司一开始就具有全球性，通常为跨越了国界的国际利基市场服务。因此，此类公司从一开始就是出口商，通常在线销售，因此不会受到传统分销与地理分布的限制。这意味着，此类公司不仅可以快速增长，而且易于抵御竞争：既然已经站在了全球舞台上，就很难受到进口的影响。

同时，来自低劳动力成本国家的传统竞争威胁似乎也没有从前那样严重。对于创业者来说，在中国制造的成本还是太高。中国广东等产业大省的员工工资以每年17%的速度增长，而且不断升值的人民币让实际情况变得更糟。美国工人的生产效率是中国工人的3倍（并不是因为美国工人技术更娴熟或工作更卖力，而是他们的生产自动化程度更高，因此个人生产效率更佳）。波士顿咨询公司预测，中国制造的净成本将在

2015年达到与美国相同的水平。

另外，随着工厂自动化能力增强，产品中的劳动力因素持续下降。因此，将制造业工作移向海外的传统劳动力套利因素作用降低。目前，汽车产业中每辆汽车成本的劳动力成分不足15%（汽车工人联盟称该比例仅有10%，但这一数据仅将装配线上的工人计算在内，未包括行政、管理及研发人员）。机器人将得到逐步改进，使用量增加：工厂中的工人数量看上去正逐步减少，仅需要确保机器人能够准时获取所需元件，以及在运输部门工作。

全球贸易的劳动力套利观点始自第一次工业革命初期，该模式认为制造业总是趋向于低成本国家。但新的自动化观点认为廉价劳动力因素的作用逐步缩减，而其他因素正在增强，例如与最终客户的距离、运输成本（包括可能的碳排放税）、灵活性、质量及可靠性。

例如，卡特彼勒公司将其在得克萨斯州的挖掘机制造规模扩大至原来的3倍，新增了500个制造业工作岗位。得克萨斯州与该公司的客户及供应链位置更近。NCR公司正将其自动提款机生产由中国迁回佐治亚州的哥伦布，以便能够更快地进入市场并改善内部合作。就连玩具制造商Wham-O也在把飞盘的一半生产从中国撤出，回归到自动化程度逐步加强、效率日益提高的美国工厂中。

此外，利基制造业企业注重贴近客户，向愿意为额外服务支付费用的客户提供定制或易于转型的产品。以向自己所在城镇吸引业务为己任的地区性发展专家们看中的一个概念，称为“经济培育”（economic gardening）。小块园地在工厂化农场中能够欣欣向荣；进而，小型制造业企业如果足够敏捷、富有创新思想，也能在制造业大环境中蓬勃发展。

纽约的较小型公司仍在生产各类产品，从信封（客户可以到工厂中参观，在产品进入生产环节之前检视信封的设计）到在布鲁克林机器作坊里手工打造的越野自行车（既然一副车架都要花掉2 800美元，劳动力是否廉价已经不那么重要了），不一而足。旧金山有一个正不断壮大的组织，名为SFMade，由数十位创业制造商组成，他们现场交换自己的产品，小如Timbuk2背包，大到Mission Motors电动摩托车。

此类企业利用贴近客户的便利条件，专攻领域五花八门，包括需要与客户时时沟通的定制家具商、高端床垫商（按需生产可以降低成本），以及小众市场的高级成衣商（我在市场街以南的热点高技术区办公，该区域就有几家纺织厂，从中国来的工人在那里加工制作本地设计的服装）。情况一直如此，但现在这样的公司已经超出了本地企业的范畴。如果他们创新力足够强，还可以在线向全球市场销售产品。

《连线》杂志最初的创办者在旧金山湾区一个改建的码头上建立了高端巧克力作坊Tcho，是一家从可可豆到巧克力的全程生产工厂。Tcho

由一家本地企业起家，满足对手工产品的精品需求，与几十年前Peets（另外一家旧金山本地企业）的发展模式如出一辙。不同的是，Tcho是网络时代的产物，通过电子商务与网络上的口口相传更快地打进了国际市场。在成立5年后的今天，Tcho已在全美拥有了超过400家零售商。这家由网络领域先锋人物在旧金山码头上开办的巧克力工厂，必须24小时运转才能满足客户的购买需求。

地理演算：在中国广东省制造与在美国制造有何区别

我并不是想要建议各家公司不再向中国或其他低成本国家外包制造。对很多产业来说，中国广东省相对廉价的劳动力与密集的供应商分布仍然具有不可抵挡的优势。这也是为何没有手机在美国本土制造、中国能够成为世界玩具之都。

不过，显而易见，这不是唯一的选择。在某种程度上，在大型的中国工厂中进行生产制造可能仍是不二之选。但在另外一些情况下，靠近本土制造，享有最低限度的延迟和最大程度的灵活性会是更好的答案。而且随着自动化程度加深，中国制造与美国制造之间的成本差距会逐渐缩小。

“本地制造”与“外地制造”间的大致演算见图9–1。

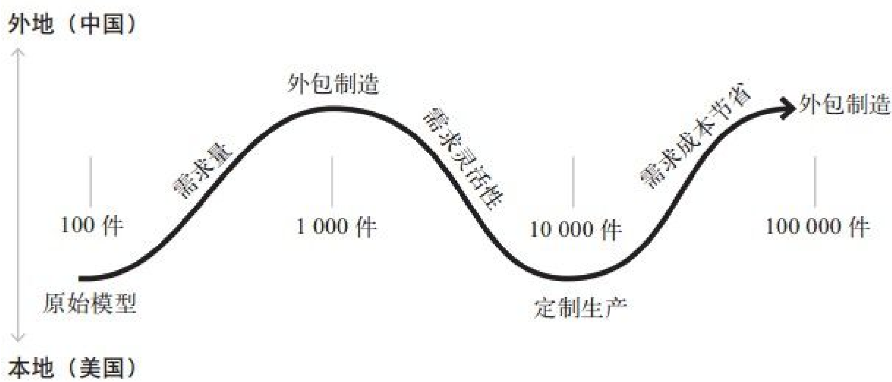


图9–1

设想一家新公司W需要制作首批产品——一种小型家用风力涡轮发电机，公司自行制造了第一台原始模型，并制作了若干台分发给合作伙伴，之后需要正式投入生产。鉴于W是一家小型公司，本身不具备大批量生产的能力，因此将产品外包给一家中国工厂。

通过这样的方式将产品投放到市场，没有任何问题，可一旦生产规模进入以百为单位的级别，这一模式的限制就会凸显出来。首先是灵活性的问题：产品一旦售罄，补充新货就需要几个月的时间。而中国工厂希望能够大批量生产，因此W不得不接受大批成品，却只能慢慢销售。

由此，公司的大部分现金就滞留在了等待销售的库存产品中。

简单经济学开始支持本地制造。据此原理，W建立起自己的本地工厂，按需制造涡轮发电机。这样能够更便捷简单地管理公司库存，并根据客户的反馈与需求对产品进行改良。

现在再来讨论一下销售量进入万台级别的情况。此时，中国工厂作为制造商的魅力又开始大增。本地制造与在中国广东省制造之间存在30%的成本差异，这在小批量生产时敌不过时间与灵活性的重要程度，在大批量生产时变得难以抗拒。如果市场中有竞争对手以更低的价格销售同类产品，你就必须选择以价格优势胜出。此时，应将生产制造转移回中国。

这就是实际情况：各公司随时根据市场变化选择最佳制造地。各公司能够这样做的原因在于设计文件完全数字化，建立一家新制造工厂的工具成本可以降到最低，而且大家都使用相同的自动化设备，可在任何地方购得。

这是一个美国能够参与竞争的世界，中国、德国、墨西哥或是波兰，大家都可以参与其中。数字制造让全球竞争市场趋于平等，任何国家都能够制造产品，问题只是它们能制造出什么比其他国家更好的东西。

一家非常现代的工厂

认真观察，你会发现这样的例子比比皆是。硅谷自然如此，其他一些先进制造貌似不会存在的地方也是如此：布鲁克林改建的汽车修理厂、拉斯韦加斯郊区的工业园区、威斯康星州中部的农业城镇。这些地方的共同之处在于，它们都是开办公司的创业者希望定居的地方。公司不必像以前的工厂那样非要靠近铁路或公路，也不需要大片土地或廉价劳动力。制造业企业可以随意选择所在地点，只要联邦快递和UPS快递的服务网络能够覆盖到即可。

以Sparkfun公司为例。2003年，内森·西德尔还是科罗拉多大学博尔德分校的工程学本科生。博尔德是一个高端大学城，距离丹佛市车程一小时。西德尔在完成一个项目时很难找到需要的电子元件，最终在网上供应商那里买到了所需产品。此时，他完全可以踏踏实实地完成项目，毕业了事。但与本书中提到的众多创客一样，西德尔决定与大家分享他的发现。他开设了一家网店，专门销售很难找到的零配件，结果为了补充库存刷爆了自己的信用卡。他把网店命名为Sparkfun（“火花快乐”），意指在错误连接电子元件时看到火星迸发、火光闪烁的感受。接到正式的州免税报表，证明他的小店成为一家“真正的公司”那天，西德尔兴奋不已，结果在驾驶摩托车回家的路上严重超速，狠狠吃了一张罚单，为此还上了一次法庭。

西德尔毕业时，Sparkfun已经发展成一家真正的公司。他没有找工作，而是决定好好经营自己的这家公司。因为很喜欢博尔德这个地方，西德尔就在当地的一个办公园区内租下了一层的店面，开设了实体店。

现在，Sparkfun已经拥有120余名员工，年收入约为3 000万美元，年增长率为50%。在一块篮球场大小的一层区域里摆满了自动电子生产线，日夜不停地运转。每天更新的博客文章和教程把零售网站变成了一个高访问量的社区，每天有5万多人访问。

切记，这可是在科罗拉多的博尔德——美国房地产价格最高的地区之一，而西德尔涉足的又是电子产品行业，很多人认为美国在这个领域已经输给了中国。Sparkfun是如何与低成本生产竞争的？自动化、与客户及其需求的密切联系（Sparkfun的玩家精神赋予了公司强大的极客信誉），以及紧紧围绕雇员（他们现在已经成为创客世界的小名人了）每日更新的博客帖及网站教程而建立的社区。Sparkfun证明了制造业的成功不仅来自廉价的劳动力。

提及美国制造业的状况时，人们通常都会想到令人沮丧的数据：虽然美国在手机业的地位举足轻重，拥有苹果手机、Google的安卓手机、摩托罗拉等大品牌，但没有一种手机是在美国制造的。我们也许是技术上的领头人，但只能生产比特（产品概念与软件），而非原子（实体的手机产品），确实是“加州设计，中国制造”。

不过，在参观了Sparkfun后，你的看法一定会有所改变。与其他大型的电子元件供应商不同，Sparkfun自行制造大部分所售产品，而且就在博尔德制造。公司拥有若干台大型自动化拾放机，能够以极快的速度将芯片和其他元件准确装配在印刷电路板上。一条传送带把“填充完成的”电路板送进一个自动控制烤炉，熔化芯片下的焊料，将芯片固定在电路板上。其他电脑控制的机器负责装载元件，准备电路板。3名工人监控整个生产流程。各类机器24小时不停运转。

总之，美国可以制造电子产品，不过只能是以千计而非百万计的特殊电子产品。

Kindle 2和iPhone需要最新的屏幕和最快的记忆芯片，只有亚洲少数几家制造商能够批量生产。其他大部分电子设备不需要最新、最小、最轻、最快的元件，比如家中的智能控温器或汽车仪表板等电子产品就不需要苹果产品那样的高性能，其价值来自在商品部件上运行的软件——这在任何一个地方都能完成。

此类特殊商品通常利润更高，而且基本不会有来自其他商品供应商的竞争。这是中型制造业企业可以专注的传统市场，这些企业的规模足够应对全球市场，并且已建立起自己的品牌，但又没大到会落入利润微薄的商品死亡陷阱，过度暴露于经济摇摆与消费者反复无常的喜好下。

与此形成鲜明对比的是中国的富士康，这家公司生产制造iPhone以

及市场上的很多大众电子产品，约有100万雇员，根据雇员人数来说，它是目前世界上第二大非国有企业（仅排在沃尔玛之后）。其工厂本身已经形成了城镇规模，而工作条件（包括自杀案例）常常成为新闻头条。富士康没有自己的产品，仅为其他企业代工生产，利润微薄。经济学家估算，富士康每装配一部售价300美元的手机，仅能获利6.5美元。为iPhone制造元件的大部分亚洲供应商情况与此相似，产品的大部分利润仍然为设计者苹果公司享有。你会选择哪个行业呢？

Sparkfun集产品设计与制造于一身，其运营模式与我在上文中的描述完全相同：围绕其客户社区建立的开源创新进程。Sparkfun的大部分产品为开源硬件，即设计文件可以共享，任意修改。很多设计都是出自客户之手，Sparkfun的工程师们仅负责审阅和改进，以便于制造。

这是一家典型的以社区为中心的公司。网站的特性不是产品，而是公司员工撰写的博客、易懂的教程和有趣的视频。网站论坛的参与者都是热心助人的客户。Sparkfun每年都举办一次自控车辆比赛，比赛上会有自谱曲的机器人主题曲现场表演，孩子们跟在自控汽车后面跑来跑去（自比赛举办以来，我每年都参加航空器单元的角逐——目前为止一次都没赢过）。Sparkfun的员工会在全国各地的创客节上教人们如何焊接，这做起来其实比听上去有趣得多。

Sparkfun的员工都很年轻，充满热情，完全投身于他们的工作。公司里可以养狗，也允许员工享受自己的私人爱好（但在生产区域会被禁止），文身和独立朋克摇滚代表了公司的文化。Sparkfun与制造业黑暗的“撒旦磨坊”的形象绝对是天壤之别。

这是21世纪美国创客制造业的成功案例，在与亚洲的强力竞争中蓬勃发展。Sparkfun迅速壮大，创造了就业机会，高额盈利。同样重要的还有这家公司引发的乘数效应，每个传统制造业岗位通常能够在社区内产生4个其他工作机会。由于Sparkfun的产品是能够帮助他人建立自己的公司的技术，其引发的乘数效应更加可观。

效应规模到底有多大？很难说，但可以举个例子：写作本书时，Facebook有大约2 500名员工，但首席运营官雪莉·桑德伯格估算有3万余人依靠“Facebook生态系统”生活，包括以Facebook为基础建立的公司与服务，如Farmville等Zynga游戏和负责跟踪各公司Facebook的社会媒体专家，这样的乘数效应至少是10倍。

皮萨诺和史兆威在为《哈佛商业评论》联合撰写的有关美国竞争力的文章中号召重建“工业公地”——能够持续支持创新的集体研发、工程与制造能力。不仅是制造产品的能力，还有发明能力、制造产品零配件的能力，以及培养具有上述所有才能的人才的能力。

成功的技术公司能够做到，它们的涓滴效应并非体现在为雇员提供服务的干洗店和当地的比萨饼连锁店上，而是体现在向周围其他公司出

售的工具能够帮助那些公司发展壮大上。换言之，成功的公司创造就业，更创造了新公司，这些新公司会创造更多的就业。作为一家非常现代的工厂，Sparkfun就是此类新型工业公地的中枢。问题只是这样的“创客运动”公地到底能发展扩大到何种程度。

第十章 创客运动改变世界

制造在哪里结束？销售又从哪里开始？

在新的创客市场中，二者通常是一回事。

众投的目的非常简单：集合希望获得某项产品的众人之力，帮助实现产品的诞生。大家将产品面世后才进行的支付提前到产品生产之前，支付款项不会高于（而且通常低于）产品定价。通过提前支付和推迟收货，众人协力解决了小型企业创新面临的最大难题：早期资金。

别在普通水族箱里养水母，要是那样做了，后果恐怕不会太好。首先，水母会被水流慢慢地吸向水族箱箱壁和角落，特别是水泵进气口那里，你对此无能为力。其次，水母会被吸进水泵，堵在里面出不来，被撕成碎片。

也许，你还是会冒险一试。毕竟，水母可能是在水族箱中能够饲养的最美丽、最神奇的生物了，就像在大型公共水族箱中上演的水母秀。在彩色灯光的映照下，水母或是成群结队地轻柔游动，或是单独一只地静静划过，完全是运动的艺术秀，一只一只看上去就像变幻无穷的熔岩灯。但如果想在家中饲养水母，就必须使用特制的水族箱，可能要花费数千美元。

不过，亚历克斯·安登并不这样认为。少年时，他前往英属维尔京群岛航行时开始对水母感兴趣。2006年获得杜克大学生物学学士学位后，安登在旧金山湾区一家生物技术公司找到了工作。他对水母的兴趣有增无减，部分也是因为旧金山湾是世界上最佳的水母捕捉地之一。于是，安登决定辞去工作，在一个朋友的车库里创办了一家水母水族箱定制公司，命名为“水母艺术”。公司迅速发展，专门定制改良水族箱，配有防止水母被吸到水族箱壁上的水泵和定制水流系统。安登掌握了如何冷冻浮游生物和制作水母饲料的技巧，也解决了在邮寄过程中保持小海月水母成活的问题。

随着越来越多的人把水母作为宠物饲养，安登决定自行设计、制造一种全新的水母专用水族箱。这种水族箱使用层流过滤系统，避免产生会把水母困住的过强水流，同时还配备遥控的多彩发光二极管，营造最好的视觉效果。水族箱体积不太大，便于放在桌面上欣赏，但空间足够饲养4只水母。

这意味着安登必须进行规模制造，成本可是不低。创业者此时通常会寻求投资，可以选择银行贷款或风险投资。但这两种投资都不易获得且均伴有风险，创业者还容易失去对初创业务的控制。安登必须抵押自己的财产以获取银行贷款，还需要支付贷款利息，而风险投资人则会要求从公司资产中分一大杯羹。

还有另外一条路，过去几年内兴起了一种新的现象，称为“众投”。在这一模式下，支持者和潜在客户集体资助某一项目，生产产品。众投方式多样，小到金光闪闪的存钱罐，大到正式贷款，只不过贷方是众人而非银行。

安登选择了Kickstarter网站。人们在这个网站上发帖描述自己的项目，感兴趣的人可以对项目进行投资。出资人不仅仅是捐款给某一项

目，大部分人会在出资超过一定数额后预订项目产品。在桌面水母水族箱项目中，出资人出资350美元或以上，就可在产品制成后优先获得一个水族箱，这一价格比普通消费者支付的价格要低。

Kickstarter网站要求安登确定需要集资的最低额度。如果在项目描述帖贴出30天内，安登能够募集到设定的最低数额，有出资意愿者的信用卡中就会被划走许诺的出资额，转入安登的账户。安登就可以使用这笔资金启动项目。但如果在30天内，出资人的许诺出资总额未能达到安登设定的最低数额，则该项目集资计划宣告失败，安登不会得到1分钱，只能另寻出路。安登设定的最低数额为3 000美元。

不到24小时，安登的桌面水母水族箱项目就募集到了设定的最低数额，而且资金数量持续增加。由于口口相传的宣传和此前被压制的饲养水母的需求，越来越多的出资人涌现。到了30天募集期结束时，安登总共募集到13万美元，有330人预订了这个水族箱。安登大为吃惊，兴奋不已。虽然他预料很多人都想在家里养水母，但一直不太确定。现在，他掌握了足够的证据：人们用自己的钱包投了他的产品一票。

安登现在已将水族箱投产，手握确定的订单，而且充分肯定人们需要他正在制造的产品。这些能够实现，不过就是在网上发布了一段视频，发了一个描述产品项目的帖子，但没有失去公司的任何份额，也没有背上任何债务。

地下风险投资

Kickstarter网站为创业者解决了三大难题。首先，将收入入账时间提前到创业者正好需要的时候。创业者一开始需要募集资金的原因之一在于，他们需要支付产品开发、工具元件购买和制造等费用，这些费用可能要在产品售出后才能收回。如果创业者能将销售变为预售——这正是Kickstarter网站做的事情，就能在需要资金时有资金可用，而无须募集风险投资或申请银行贷款。

其次，Kickstarter网站将客户聚在一起，形成了一个社区。一旦为某一项目出资，你就不仅预购了某一产品，相当于在产品小组上押了宝。同时，产品小组会随时向你更新进程报告，在产品创造过程中，对评论与讨论里出现的建议与意见做出回应。这会激发对项目的参与感，出资人渐渐转化为项目和产品的口头宣传者，项目与产品也就由此推广开。

最后，Kickstarter网站提供了一家新公司可能最需要的服务：市场调研。如果你的项目未能在规定时间内募集到目标数额的资金，那么产品在市场上可能也不太会受欢迎。在向产品开发与制造投入时间与资金前就能获得这样的信息，是非常可贵的，而且能够降低任何一家新创公司最难接近的风险因素。

上述各项都可堪称完美，但在互联网出现之前完全不可想象。众投的目的非常简单：集合希望获得某项产品的众人之力，帮助实现产品的诞生。大家将产品面世后才进行的支付提前到产品生产之前，支付款项不会高于（而且通常低于）产品定价。通过提前支付和推迟收货，众人协力解决了小型企业创新面临的最大难题：早期资金。

此外，互联网将志同道合的人集中在一起，无论他们身处何处。互联网诞生前，你怎么能够知道水母水族箱的目标市场？已经拥有普通水族箱的人群？拥有熔岩灯的人群？喜欢动力艺术的人群？或三者都不是，只是碰巧喜欢在桌上摆着水母但只是偶尔有这种想法的人群？你该怎么找到这样的人？成本几何？

在Kickstarter网站和类似的市场中，人们可以自动向你靠拢。这是终极社会资本。口口相传通常会通过最无法预料的途径向最广大的受众宣传某一项目。传播方式本身没什么特别：电子邮件、Twitter和Facebook等社交媒介，但这些传播方式所联结的离散程度简直可称神奇，反映了对人们需求的潜在知识，此类知识只有将其所了解的人与能够传递的想法相结合方可识别（社会科学家称其为“文化基因”）。

你是怎样获知你的第一个Kickstarter网站项目消息的（假设你已有这样的项目）？是朋友告诉你的？通过你在社交媒介上关注的某人的消息推送？你关注的某个领域内的新闻报道？

关键点是你不一定非要访问Kickstarter网站才能得到有关项目的消息，而且如果你做出了回应，就会成为目标受众，即便没人能够事先预料到这一点。因此，Kickstarter网站不仅是募集资金的平台，同时也是市场调研的平台。在这里，可能无法以其他方式展现的需求会浮出水面。

创客对决跨国公司

2012年4月12日，索尼公司高调宣布在美国发布其新款智能手表Smartwatch。这款吸引人的电子产品售价150美元，可以通过蓝牙与手机相联，实现腕部的文本、电子邮件及社交网站更新阅读。这本应是头条新闻——索尼占据了人们的手腕，可几乎没有引起任何关注。原因何在？因为就在前一天，一个由工程师和硬件专家组成的小型创业团队在Kickstarter网站上发布了他们的腕表产品……居然比索尼的更好。这个团队不过是在其创立人位于帕洛阿尔托的公寓地下室创造了他们的产品。

这个名为“鹅卵石”的Kickstarter网站项目使用脆薄的强光可视性电子纸显示屏，而非索尼的有机发光二极管彩色显示屏。虽然电脑屏幕使用彩屏比较好，但在腕表上使用彩屏则意味着在阳光下的显示变弱，电池使用时间缩短，并且需要按下按钮或摇动腕表显示时间，难免让人想到20世纪70年代最早的LED表。索尼的腕表只能与安卓手机兼容，而“鹅卵石”腕表还可以与iPhone相连。虽然索尼腕表在欧洲出现了数月脱销的情

况，但“鹅卵石”的优势在于有更多的应用，而且售价仅为115美元，比索尼的产品低了将近25%。

简而言之，一些创客创业者已经在设计、营销与定价方面超越了世界上大型电子产品公司中的一个，而且因为有了Kickstarter网站的帮助，他们也准备好了在销售量方面超越索尼。

“鹅卵石”小组在Kickstarter网站上设定的10万美元集资目标在2小时内即达成（我就是那些早期出资人之一），募集金额随后不断增加。第一天结束时，该小组的筹资金额已经超过100万美元。第一周结束时，金额突破了Kickstarter网站此前的集资纪录334万美元。三周多一点儿时，“鹅卵石”项目的资金已经超过1 000万美元，预售出了85 000块腕表。此时，小组成员宣布腕表售罄，然后乘机直飞香港，寻求生产大批量电子产品的途径（虽然他们此前也制作过腕表，但销售纪录也只有1 500块而已）。到“鹅卵石”小组在Kickstarter网站上的集资期结束时，他们已经创造了智能手表销售的史上最好成绩，而此时一块腕表都还没有真正寄出。

“鹅卵石”项目中特别有趣的一点是设计小组对蜂拥而至的客户的反应。先是有出资人要求腕表具有更好的防水性能，于是“鹅卵石”小组进行了改进，使腕表可以在游泳时佩戴。出资人接着要求把原有的蓝牙2.0（或索尼的蓝牙3.0）更换为更省电的蓝牙4.0。因为有了大量订单壮胆，小组开始寻求、采购蓝牙4.0模块，增加了腕表的电池寿命，延长了腕表的使用时间。最终，其他Kickstarter网站项目也参与进来，宣布会编写能在“鹅卵石”腕表上运行的应用，其中就包括Twine，通过该“物联网”设备，“鹅卵石”腕表能做不少事情，比如在有人敲门时发出提醒。

到本书撰写时为止，“鹅卵石”腕表尚未发售，而且由于生产中的小问题，发售很可能会受到影响或推迟。但在这之前，我们已在“鹅卵石”项目中看到了更好的模式：使用众投的小团队能够比笨拙的电子产品巨头在研发、融资与营销方面更快地获得成功。当然，这不是业余爱好者在首个产品项目就能实现的成功。“鹅卵石”小组已经共同工作了3年，募集了种子基金，并且已向黑莓手机交付了智能手表产品（但不是很成功）。不过他们仍是一家初创企业，20多岁的创立者们摸着石头过河，和其他很多创客一样使用3D打印机和Arduino开源处理器板制作原始模型。Kickstarter网站给这家试图有所突破的小公司一个助力，让它一夜成名，也一夜致富。

投资的未来？

现在，众投已成规模，而且仍在快速发展，引起了华尔街与白宫的注意，众投的下一步要从简单的出资或预购产品转为向公司进行真正的投资。但此类投资受到美国证券交易委员会的严格控制（假设为保护小投资人），且通常限于合格的职业投资人。

但保罗·斯宾拉德（Paul Spinrad）在奥莱利对该问题的分析中指出：

此类法规旨在保护无经验的投资人免受欺骗，但同时也妨碍了人们向所在社区中的小型商业或利益社区中的创业项目进行投资，虽然投资人凭借对此类投资的了解能够比证交会在办公室里闭门造车搞出的文件更好地评估风险（并为成功助力）。因此，投资业目前正以保护投资人的名义对所有普通公众的投资资产实施垄断。人们不能对自己社区中熟悉的人群投资，只能把钱投在受他人掌控的投资产品中，这些产品无一例外的都是非本地大规模投资项目。

一些企业家、技术带头人甚至是乌比·戈德堡等名人都请求国会重新考虑制定个人投资的新规定，允许个人向其信任的公司注入小笔投资（少于1万美元或投资人上一年收入的10%）。

华盛顿听到了这样的声音。2012年4月，众投被纳入奥巴马总统签署的《初创期企业推动法案》。在该法案下，小公司可以通过RocketHub、Crowd-funder和Launcht等受监管的众投网站更容易地筹集资金。除具有资格的华尔街投资人外，普通民众也可参与投资，但募集总额不得超过100万美元。同时，该法案简化了传统股市上市复杂的会计核准与公共披露规则。虽然有人担心此类基于股票的投资（与Kickstarter网站的简单预购和慈善性出资支持相反）可能会导致欺诈行为，但我们期待通过证交会监管网站而非公司实现该产业的自我监管。而且，鉴于投资总额很小，所造成的损害也就相对有限。

重点在于，即便传统投资正在紧缩开支，众投却能够开启推动创新的新经济引擎。如多米尼克·巴索托在《华盛顿邮报》上发表的文章所说：“目前在美国，一种独特的地下风险投资经济正在兴起，它在很多情况下甚至尚未进入经济学家的视野。当我们计算各类经济指标时，传统观点似乎认为美国的经济增长已经停滞，忽略了Kickstarter网站这样的DIY网站开展的经济活动。”

社会资本

现在我们要回到水母水族箱的例子上，看一看此模式的推动力来自何处。先列举一下安登通过Kickstarter网站募集资金，而非申请银行贷款或寻求传统投资人帮助的益处。

1.他募集到了资金，但无须支付贷款利息或放弃公司的部分股权。

2.集资的过程同样也是免费的市场调研。如果安登未能在规定时间内筹集到目标金额，也就意味着他的水族箱产品可能不会受到市场欢迎。从未来客户手中直接募集资金可以增加产品投放市场后获得成功的机会。

3.公共集资吸引了热门博客和美国全国广播公司等各类关注，是免费的市场营销。草根投资引发了口口相传的产品支持。

众投是“创客运动”的风险投资。正如生产工具的大众化产生了新的生产者阶层，集资工具的大众化也产生了新的投资者阶层。他们不是针对某家公司的投资者，而是面向一个产品，更准确地说，是一个产品创意的投资者。他们也不期望获得投资回报，而是期待获得产品本身（因为投入了足够的资金）或体验那种自己对产品面世有所贡献的成就感。

Kickstarter网站项目领导者的“公众制造”，将产品开发转变为市场营销。产品发明者发帖说明自己的创意，随时更新产品制造直到完成的进程。出资人发表评论，发明者做出回应，根据反馈信息不断改进产品。在这一公众交流过程中，资金得以筹措，更重要的是围绕产品建立起了一个拥趸群体。出资人对产品形成一种信仰，不仅仅因为他们投入了资金，更在于他们对产品有一种共有感。公众制造是一种相当有效的广告方式，但你不必为其支付推广费用，相反还能获得收入。

完胜美国广告业中心麦迪逊大街。

而且，趣味无穷。萨拉·多普在开源社区博客“文化导体”上撰文：

Kickstarter网站的大部分魔力只是来自它的集资游戏，游戏规则如下：

1.设定最后期限。让大家清楚项目时间有限。

2.设定集资金额最低限。“如果筹不到这个数目，我们的项目就没有足够的资金。”

3.强制最后期限与集资目标生效。项目在最后期限时停止，如果未能筹集到目标金额，则项目无法启动。（Kickstarter网站在此显现了其价值：Kickstarter“唱白脸”，负责强制实施游戏规则；项目负责人“唱红脸”，负责吸引出资人。）

4.设定不同的馈赠等级，给予不同等级的出资人相应的谢礼。

5.让集资人享有项目的完全所有权。（不是投资，而是资助、预售、慷慨解囊。）

当然，并非毫无风险。不能保证创业者一定能制造出产品或产品能像许诺的那样好，也不能保证产品最终面世的时间。如果创业者把项目搞砸了或是干脆放弃，出资人也很难拿回已经投入的资金。技术上看，资金被投入一项事业。虽然你得到承诺能够获得产品作为出资的回报，但却没有任何有约束力的法律约定能够确保你享有的权益。

与很多同类型网站一样，Kickstarter网站凭借透明运作以及网络用户

自我评估风险的经验，避免出现欺诈或无效行为。网站建议出资人谨慎判断项目，但网站本身不提供任何保护措施。Kickstarter网站对潜在出资人的建议为：

每个项目都由其发起人承担所有责任，决定项目能否取得成功。每位项目发起人的工作都需要出资人的信任，特别是那些对项目发起人并不十分了解的出资人。

网络是了解一个人过往经历的丰富资源。如果项目发起人没有所展示项目的相关经验，或是不愿意分享此类信息，出资人在许诺出资时应慎重考虑。如果某项目描述听上去好得不真实，出资人也应对此慎重考虑。

如果Kickstarter网站帮助各公司筹措资金或吸引投资者，就应受到证交会的监管，并置于各类相关条款与保护之下。但事实并非如此，该网站只是为人们提供了一个能对某项事业做出贡献的机会，而且这项事业还是制造大家想要的某种产品。出资人不是资助某家公司，而是某个特定的项目。

这样就很聪明地绕开了大部分小公司和发明者在创业集资时遇到的不少障碍。没人会投入超出自己承担能力的资金，而且通常他们只资助自己想要获得并了解的产品。

无疑会有一些问题出现，最可能出现的问题就是天真的发明者虽然创意不错，但在制造方面没有任何经验，最终发现产品定价太低，根本无法按照向出资人许诺的成本制造产品。团队分崩离析，私人问题涌现，一些人彻底放弃，而且难免会有诈骗犯混杂其中。不过到目前为止，由于透明运作、社会支持与问责制，尚未出现常见的大问题。网站的服务规模也正以惊人的速度扩大。

截至2012年5月Kickstarter网站成立3周年之际，已有47 000多个项目在网站上发起集资，超过40%的项目取得了成功，共集资1.75亿美元。其中万余个项目获得了承诺总额，即项目发起人获得了6 000万美元资金。大部分为集资目标仅几千美元的音乐、电影及其他艺术类项目（这也是Kickstarter网站创立的初衷），但也有几百个制造实体产品的项目，包括水母水族箱在内的24个项目均筹集了超过10万美元的资金。

另外的一个例子就是耐克前创意总监斯科特·威尔逊，凭借他的关系，威尔逊并不需要众投就能实现iPod Nano手腕固定带的产品创意，但他没有动用自己的关系网，而是选择了Kickstarter网站，他看重的是通过该网站能够获得的直接反馈与简单流程。他的TikTok+LunaTik固定带项目筹集到了将近100万美元。项目在Kickstarter网站的集资期于2010年12月结束，60天之后，威尔逊就向出资人寄出了超过2万个固定带产品。

威尔逊之所以选择Kickstarter网站，是希望避免公司产品开发中的种种麻烦：层层审批，以获得传统意义上经证明切实可靠的创新。卡莱尔·

阿德勒在为《连线》的撰文中写道：

诱敌深入，整个世界就会自动送上门来。这个绝妙的主意已经激励了好几代美国发明者，但现实总是比允诺显得苍白无力：诱敌深入，如果你运气够好，会有某家公司看中你的发明，把它送给几十个委员会层层检验；设计被修来改去，只为了降低生产成本；之后再转给营销小组定价，以便能够赚取利润。等到你的发明有朝一日真的摆上了商店的货架，很可能早已面目全非。

再看一下土木工程师彼得·迪林的发明，这位准爸爸发明了一种名叫“快拔单反相机座”的小配件，可以轻松地把相机挂在衣服或背包上。他原本也可以把这个创意告诉某家相机配件公司，但迪林决定自己制造。他通过Kickstarter网站从5 000余位出资人手中募集了36.5万美元。他写道：“这改变了我的生活。2011年5月2日，我正式提出快拔单反相机座时还是一个怀揣梦想的家伙，势单力薄。神奇的75天之后，我成了拥有自己事业的年轻父亲。”

一个开源闪光灯项目筹措资金26万美元，不锈钢钢笔项目获得了28.2万美元，露营吊床项目募集了20.9万美元。还有数百个项目，我在此只能挂一漏万（我自己也资助了多个项目，从孩子用的三弦吉他装配包到桌面数控机，等等）。Kickstarter网站已经成为各地发明者喜爱的集资通道，至少是那些能够通过视频和文字描述自己的项目、吸引出资人的发明者的集资通道。

意外的银行

Kickstarter网站的渊源可追溯到其于2009年成立之前很多年。2002年，网站创立人之一佩里·陈住在新奥尔良的法国区，沉浸在自己的电子音乐世界里，梦想着与奥地利的流行音乐大师克鲁德和多夫迈斯特一起举办一场盛大的流行音乐DJ秀。麻烦的是，他们需要15　000美元的先期投入。虽然克鲁德与多夫迈斯特现在已经是流行音乐节目界的大牌DJ，那时还默默无闻。如果没人观看这场秀怎么办？佩里肯定就彻底失败了。

潜在的风险让佩里打消了组织这场流行音乐会的念头，但他一直在思考这个问题。任何新出现的事物都会有风险，但有能力承担较大资金风险的人却是少数。如果能够事先从人们手中获取资金（这个想法并不太新鲜，毕竟大多数音乐会的门票销售都是这个套路），而且重要的是，如果门票销售情况不好，人们就不必付钱，情形会怎样？如此一来，组织者不必事前投入任何资金，而乐队只需要前往足够受欢迎的地方演出。

多年后，佩里搬到了布鲁克林，在一个名叫“小餐馆”的店里当服务生。扬西·斯特里克勒总是在这家餐馆里把早饭、午餐一并解决。某天，

佩里跟斯特里克勒聊起了自己的想法。在互联网诞生之前，公布需求并为项目预筹资金在理论上是个好主意，但不具备实际操作性，现在却值得一试。斯特里克勒觉得佩里的主意不错（佩里告诉阿德勒那是“当年服务生向斯特里克勒提出的最棒的建议”），于是两个人决定建立一个网站，小试牛刀。

现在，Kickstarter网站已经是价值数百万美元的网络公司，努力保持其独立本色。公司在曼哈顿的办公楼毫不起眼，门前唯一的标识用金字写着“UNDERWEAR”（前任租户的名字），里面像是一栋宿舍的入口。

对于Kickstarter网站是实体产品融资引擎的新身份，佩里和斯特里克勒仍略感不适。他们最初的目的主要是，为大牌唱片公司和好莱坞不愿侧目的音乐与电影项目以及艺术、戏剧、连环画和时尚项目提供一个平台，但其核心是为创造性筹措资金，而越来越多有创意的人对制造实体产品产生了兴趣。很难划清界限，所以两个人干脆不思考这个问题。一个25人小组负责在发布之前对项目进行审批，主要依据是项目陈述的质量，而非项目的艺术价值。无论喜欢与否，Kickstarter网站上较大的一些项目都是消费品项目。它只是满足了一直都等着有人发掘的市场需求。

表决权资本

尽管Kickstarter网站具备平等主义的所有魅力，一旦项目成功募集到资金，项目发起人也就各自分头专注于自己的项目了，但他们很快会发现创意还算是比较简单的部分，供应链管理与制造要难得多，更不用说管理一家小公司了。如果有像Kickstarter网站这样的社区能够帮助决定用户提交的哪些产品创意可以投产，同时还有产品开发专业团队负责把握项目的发展方向，处理各类复杂的工厂事务，情况会怎样？

简要地说，那就是Quirky模式。Quirky与Kickstarter网站在2009年差不多同时成立，而且同样发展迅速。

本·考夫曼（现年24岁）建立Quirky时还是尚未毕业的高中生，他说服了父母把自家房子做了二次抵押，帮助他建立了设计、制造iPod配件的mophie公司。考夫曼在2007年卖掉了那家公司，成立了一个网站。人们可以通过这个网站投票选出中意的创意，并提出改进意见。虽然该网站一直没能独立经营，但为Quirky打下了技术基础。Quirky寻求将两种想法合二为一：使用众人之力开发更好的产品，比如iPod配件。

客观地说，Quirky现在的功能已经远远超出了最初的设想。每周将社区发明的两种产品投入生产，这些产品都是解决生活小问题的家居用品，比如能够拉伸的毛巾架和壁橱搁架，大部分不超过50美元。Quirky在美国大型家居产品零售商Bed Bath & Beyond的店中设有展架。虽然Quirky的产品不是能够改变世界的大手笔，但都设计精良、外观精美，而且精巧实用。仔细阅读了商品目录之后，很难不为其中的产品动心。

写作本书的过程中，Quirky的热门产品是蛇形插线板，与普通插线板没有太大区别，只是每个部分可以随轴转动，避免了大号插头转换器挡住临近插孔的情况。这个产品设计出自威斯康星州密尔沃基的程序设计员杰克·蔡恩之手，秉承了Quirky设计的经典风格：灵巧、实用、精美、略显出位。它是那种一旦你在商店里看到，就忍不住会想“没错，我讨厌不能充分利用插线板上的每个插孔位置”，随后会为它的设计着迷，然后购买一个产品回家。它不是必需品，但你看到了就会希望拥有。

这并非偶然，Quirky的每个产品都经过了多轮公众评估，剔除了设计中的不利因素，不断修正、改进；其中凝结着数百人的智慧，他们或是最早提出了创意设想，或是贡献了修改意见，或是为自己心仪的设计版本投了一票。令人惊叹的是，从初创设计者到对最终产品有所影响的每个个体，甚至那些只是投票赞成胜出设计的人，全都获得了酬劳。

大部分人的酬劳极少，但原创设计者能够挣到数千美元。不会就此成为百万富翁，但也不会一无所得。而且他们不用做太多的工作，只要把创意描述清楚，配上几张草图即可。产品在Quirky上30%的销售收入以及零售商10%的销售收入会为社区所有，其中的35%奖给发明者，其余的用于向改进意见的贡献者或是投票给胜出设计的人支付酬劳。

工作原理如下：

· 任何人缴纳10美元后都可以提交自己的创意设想。这样做的目的是防止有人发送垃圾邮件或太不正常的文件。

· 社区成员为自己喜欢的创意投票并发表评论。

· 最受欢迎的创意进入之后的设计阶段。发明者和Quirky自有的专业人员都会提交设计方案，最受欢迎的设计胜出。

· 就产品名称、宣传语、功能集和其他品牌推广事宜进行更广泛的投票（“影响”）。

· Quirky的工程师将胜出设计做可制造处理并联系工厂生产制造。

就像在Kickstarter网站上一样，Quirky也有各种倒计时和竞争——整件事情就像一个游戏，你无须觉得自己是在参与一个项目或正在协助创造或改进产品。这些活动适合从文字人员（产品名称和宣传语）到视觉思考者（设计）等各类人群参与。顶级影响者会参与数十个项目，赚取数千美元酬劳。他们说，参与此类项目是会上瘾的。一部分动力来自改进创意的行动，但这同样也像一场赌博，看看你投票的产品最终能否投产并在市场上大卖。

Quirky社区最核心的内容是众包市场调研，通过各阶段的大量反馈信息，降低产品设计制造过程的风险。获得投票最多的产品很可能就是销路最好的产品，Quirky由此可以把自有工程师和设计人员投入最值得

花费时间、精力的产品。Quirky也采取与Kickstarter网站相似的预售手段，只有预售达到一定数量的产品才会投产。（产品真正投产之后，才会从购买者的信用卡上划走货款。）

此类创造完全是为那些不想亲自动手制造产品的人量身定制，他们可以全程参与某一产品的创造，但无须动手制作产品原始模型。所有初始的体力工作都在Quirky的办公室里完成。他们的办公室配有一台高端3D打印机和全套的数字成型工具。产品生产则由Quirky的工厂合作伙伴完成，大部分都在中国境内。社区可以对最终产品施以影响，但没有控制权。说到底，社区不过是协助专业设计团队更快、更好地完成设计。反过来，设计团队按照社区成员的参与程度与他们分享经济所得或所获荣誉。

工业化制作

最后是处于最顶端的Etsy。在本书中提及的三个创客市场中，目前Etsy的规模最大。Etsy成立于2005年，现拥有成员的数量已超过1 500万，2011年的销售额约为5亿美元。截至2012年4月，Etsy的固定员工人数为300人，87.5万个卖家每月向全球4 000万客户销售价值6 500万美元的产品。Etsy成立后的6年时间内，身价已达6.88亿美元，增长速度惊人，毫不逊于20世纪90年代初时eBay的表现——实物长尾的快速增长市场。

Etsy出售的产品有哪些？手工制品。没错，Etsy目前大规模销售艺术品与手工制品，从工艺美术品到针绣花边，还有珠宝首饰和时髦的短时收藏品，涵盖范围极广。每件产品都是手工打造（Etsy要求每件在此出售的产品都应手工制作，但也不是说完全不能使用生产设备）。

我在这里给女儿们的笔记本电脑买过熊猫图案的贴纸，也买过摇滚乐队宣传海报风格的科学家签名和标志性图案的印刷品，现在还挂在我的小作坊的墙上。我的同事都在Etsy上买东西：首饰、书挡、家具、衣服……Etsy满足了对个性化与真实性的追求：真实的人们制造的真实的东西，而不是制造业企业出品的打包文化。Etsy上出售的产品有时不同凡响，有时莫名其妙（有一个名叫Regretsy的网站，专门出售各种令人费解的怪东西），但总是卓尔不群。如果你想要找到手工而非机器制造的东西，Etsy绝对是一座宝库。

Etsy与Kickstarter和Quirky不同，并不协助创客集资或制造产品，只是为创客提供一个销售平台，其对手工制品以及制造与艺术社区的关注造就了强大的社交网络。Etsy与eBay一样为卖家提供了建立自己产品列表的便捷途径，并负责处理支付流程。网站对列表每4个月收取20美分费用，并收取卖家销售额3.5%的提成。

对于Etsy作为小公司市场途径能否独立存在、发展，尚有不同声

音。鉴于网站仅限于为手工制品的卖家提供服务，意味着限制了卖家通过使用更高效的自动化生产技术或外包部分工作而实现规模扩大，在广阔的市场中很难被发现。同时用于进入搜索列表范围的相关费用也会增加，此类竞争会导致产品价格降低。

虽然一些Etsy卖家以此为生，但大部分人另有他业。如果卖家认真计算每小时的工作收入，情况简直可以说是悲惨（与在麦当劳打工的收入比起来，实在微薄）。所以，Etsy上的大部分卖家不是为了赚钱才投身其中，他们中的大多数人只是将其作为爱好或心仪的艺术，动力基本来自能够有人欣赏自己的作品，而不为获得多少收入。但对于那些希望以此为契机开展事业的人来说，Etsy只能作为起点，绝不是发展的平台。如果想要拥有自己的事业，他们就必须开办自己的公司，还要学会以21世纪的方式进行真正的生产制造。

幸运的是，Etsy现在正向着这样的方向发展。虽然它仍然希望为手工匠人保留一块阵地，但也在试图转变成通过创客制造扩展业务的创业者的乐土。手工制造这一规定会让位于手工设计、机器制造或是外包制造（写作本书时，Etsy的规定正处于修改阶段）。目标是促进新的家庭手工业的发展，真正成为新型微制造业经济的引擎。

Etsy的首席执行官查德·迪克森在2011年年末公司首届小型企业大会上说：

数十年来，对经济增长不屈不挠的坚持以及企业精神让我们与自然、社区以及生活目标背后的人与发展进程渐行渐远。我们认为这有违道德、不可持续且毫无乐趣。随着小型企业在全球崛起，我们又看到了希望和真正的机遇：我们有机会以崭新的方式衡量成功……建立本地蓬勃发展的经济，更重要的是，共同创立更加稳定的未来。

他指出，Etsy目前在全球经济中仍然微不足道——是数亿美元与数十万亿美元的差别，但Etsy正在全世界范围内迅速扩张，将其模式从法国带到了德国。伴随着Etsy的发展，人们的关注点不仅会放在艺术品与手工制品的销售上，也会更多地关注逐渐壮大的小型企业。但Etsy仍然植根于每件产品背后的个人，迪克森说：“别指望Etsy会被世界同化，我们要世界向Etsy靠拢。”

第十一章 创客商业帝国

爱好可以发展成迷你帝国。

颇具讽刺意味的是，Square公司的办公室位于前《旧金山纪事报》的大楼中，这幢建筑物是20世纪工业力量的一个标志。曾几何时，巨大的印刷机日夜不停，卡车排成长龙，往来穿梭，运送大卷新闻纸。现在，《旧金山纪事报》已入暮年，印刷机淹没在历史的烟尘中，曾经的空间被网络公司和创客公司占据。

所有渴望成为创业者的创客心中都有一个英雄。这些人开始只是对某件事情充满热情，又有合手的工具，但他们没有就此停下脚步，而是继续创造，抓住一切机会，最终拥有了自己的事业。在他们身后，仍能看到从地下室工作台到市场产品一路走来的足迹，以及手工制造的成果。

我要在本章介绍我心目中的三位创客英雄。首先是伯特·鲁坦和他在20世纪70年代创立的缩尺复合材料公司，这家成立于现代DIY运动初期的公司现在已经成功进军航天业。其次是一家名为BrickArms的乐高玩具配件公司，它是在热情、酷工具和互联网多重力量推动下的典型长尾效应公司。最后是硅谷最当红的公司之一——美国移动支付公司，当创客手工匠人遇见网络梦想家，就碰撞出了硬件与软件的终极组合，终有一天会改变金融业的面貌。

雄心壮志的爱好者

加利福尼亚州的沙漠小城莫哈韦是一个你一般情况下不会涉足的偏远小镇，终年狂风不断，早上还有蛇在路上晒太阳。几家小旅店基本住的都是建筑工人，他们负责在附近的岩山上立起数百个巨大的风力涡轮机，他们的皮肤因常年的日光照射变得粗糙黝黑。城里只有一家名为“麦克家”的酒吧，自动唱机播放着吵闹的重金属乐，满身文身的彪壮男人喝着啤酒，沉默寡言。大部分店铺晚上10点前都会打烊，不过如果能问对人的话，你倒是可以去看一场斗狗比赛。

不过，看看莫哈韦上空的云，地上的一切都变得无关紧要。在那里，在空气稀薄的沙漠中，能找到人类想象中最奇幻的机器。莫哈韦机场（莫哈韦航空航天港）是附近爱德华兹空军基地的“民用版”。自第二次世界大战以来，试验机在这里一飞冲天，冲破音障、达到大气极限的试飞员成为首批宇航员。这里是太空先锋的领地，男人们仍然身着飞行服，敞开的机库门里的各种航空器看着像科幻小说的封面设计或是小男生的大胆涂鸦。

现在，莫哈韦是美国多家商业空间公司的驻地，其中一家就是由传奇人物伯特·鲁坦创办的缩尺复合材料公司。在莫哈韦航空航天港的入口处矗立着三层楼高的巡航火箭（Rotary Rocket），由缩尺复合材料公司设计，能够像火箭一样升空，再像直升机一样降落（实际上只飞行过一次）。之后的约1 600米排列着飞机机库，里面排满了更加雄心勃勃的各种航空器，希望重新开启对天空的探索之旅。虽然这样的探险在某种程度上，在阿波罗飞船、令人窒息的官僚体制和航天飞船的重压之下，已

经迷失了方向。

缩尺复合材料公司的一家分公司火箭公司正在为“维珍银河”计划建造运载火箭，理查德·布兰森将在2012年年末开始他的太空之旅。这些航空器都是成双成对：“太空船二号”是一架子弹头式的航天飞机，独特的尾部在飞机下降时以45度角弹出，在飞机将乘客送至太空边缘时通过控制器失速减慢航空器的速度；“白骑士二号”是个与747飞机一样大小的四引擎庞然大物，负责运载“太空船二号”升空，同时携带的太空舱中坐满了其他乘客，他们在回程时将体验失重状态下的抛物飞行。“太空船二号”和“白骑士二号”分别由“太空船一号”和“白骑士一号”发展而来，在2004年为缩尺复合材料公司赢得了首次激励商业太空旅行的安萨里X奖。

与缩尺复合材料公司的其他产品一样，该公司的航天器几乎全部使用玻璃纤维和碳纤维制造。伯特·鲁坦已于2011年退休，但他对于航空器起落架仍然使用钢和铝材制造始终耿耿于怀——它们是由缩尺复合材料公司终结的金属航空器时代的最后遗迹，其余部件均由纤维、泡沫和树脂制造，比金属更坚韧、更轻质、更平滑、更耐用。

合成材质航空器比铝制航空器具有更多优势，可制造成各种形状，所以缩尺复合材料公司出品的航空器看上去是非常自然，具有优雅的有机曲线以及更加纤细的锥形尾桁。合成材质质轻、坚韧，根据需要既可柔韧又能坚固。不过就本书主旨内容来说，最重要的一点是合成材质的航空器几乎人人可以制造。制造一架玻璃纤维航空器，你只需要一个泡沫外形，在其上铺置材料薄膜，使用刷子刷匀树脂，然后在加工处理过程中用塑料薄膜将其包裹起来，获得平滑的表面。

在缩尺复合材料公司身上体现出的“创客运动”精髓在于，该公司展现了创客公司与生产制造能够达到的复杂与精密程度。比如合成材质是一项传统的创客技术：正是因为有了这些材质，先进航空器的制造才能大众化。你可以在自家车库里制作机翼，与波音公司在其最大的工厂中的生产一样便捷。无须特殊工具：如果你用制型纸板做过碗，就能理解这一概念。凭借材料科学的神奇力量，树脂和线能够变成比铝更轻、比钢更坚韧的表面。当然需要一些特殊的技巧，但花上几个周末肯定能够掌握。

事实上，鲁坦和他的缩尺复合材料公司最早由为家庭组装爱好者生产组装飞机起家，产品与使用玻璃纤维车身的组装车相似。要把“维珍银河”计划的乘客送入太空的技术与业余爱好者摆弄的廉价、简易的组装飞机机翼和机身使用的完全相同。（考虑自己动手组装之前，你一定要知道完成一架组装飞机的平均时间是5 000个小时，相当于两年半的全职工作时间。可能飞机还没组装完成，你的婚姻就已经亮红灯了。）

每年夏天，大约10万名航空爱好者都会聚在威斯康星州的奥什科什，举行世界上最大的航空展，这是一场欢庆DIY精神的盛会。航空展

由美国实验飞机协会主办，该协会不仅是航空爱好者的组织，也是美国联邦航空管理局监管的部门，允许航空模型制作爱好者不必经由一般的商业认证流程及飞行条例控制，即可试飞自己的作品。这个航空展是一次空中会晤，因此全球的飞机组装爱好者都会驾驶着自己组装的飞机，飞行数千英里前来参加。有数百架飞机都是出自鲁坦之手的设计，既有重装的“二战”战斗机，也有电动试验飞机。

虽然人们为了特技飞行和飞行黄金时代的怀旧感而来，但活动的核心部分是数百种关于创造的讲座与课程：玻璃纤维技术与金属机加工、喷涂与磨光、泡沫制作与铝弯折，不一而足。虽然这是飞行的盛会，但社区却是创造的社区。绝大部分航空器的飞行时间远远比不上在工作室组装的时间。实际上，好多航空器根本不会升上天空，很多人爱上的只是制造一台完美的机器。

这种工匠基因恰恰是缩尺复合材料公司的精髓。很多工程师都租用了莫哈韦机场跑道两侧的较小型机库，开展自己的项目，通常是制作令人惊叹的小型航空器，既有飞行速度可达每小时800公里的单人塔门竞速机，也有“二战”军用机一半大小的仿制品。还有人不断挑战创新极限，比如一个团队建造了一架电动单人飞机，希望能创造该机型的飞行时长纪录。缩尺复合材料公司的工程师在个人项目中使用与工作中相同的技术，他们首先在电脑上使用CA软件设计航空器，然后手工制作巨大的航空器部件泡沫模型，或使用缩尺复合材料公司仓库大小的数控机器进行制造，最后在泡沫模型外覆以玻璃纤维和碳纤维薄膜，刷上树脂，硬化成为薄膜层。

工程师们白天制造航天飞机，到了晚上，则为自己的梦中机器奋力工作。从爱好到最初诞生了缩尺复合材料公司的发展之路仍然是公司文化的核心，随便找一位缩尺复合材料公司的工程师都是创造爱好者。在离公司工厂不足百米的地方，就能看到这些工程师的私人创造空间。

缩尺复合材料公司的工程师出于爱好进行的副业通常是他们进步的源泉。如果必须证明自己拥有运行航空器项目的能力，才有可能成为航空器项目的领导人物，那么应该从哪里入手？当然是从自己做起。缩尺复合材料公司的工程师凭借自己的自制航空器赢得同事的尊重，建造并试飞自己设计的航空器比任何学位、学历都更能赢得同事的信任与认同。每一个租用的飞机机库不仅仅容纳了工程师们的爱好，他们也在其中书写自己的职业生涯履历，试验新的创意与技术。缩尺复合材料公司正是因为与这些创造空间保持了长久的联系，才一直走在行业的前列。

缩尺复合材料公司的DIY文化源自创始人鲁坦。鲁坦生于1943年，在自行设计的模型飞机与各种竞赛奖项的伴随下度过了少年时光。他成功实现了远程控制模型飞机油门，使飞机动力失速，主要借助螺旋桨的力量在空中停留。凭借这一技术，鲁坦立于不败之地，能够在模型航母上实现定点着陆，轻而易举地赢得了“最慢飞行”比赛。他的模型飞机能在空中停留较长时间。大赛评委们都惊叹于他的工程学天赋。

鲁坦在航天业工作了一段时间，主要研究越战时期的F4幻影战斗机以及一些试验型盘旋机，他被业余爱好者也能够建造、试飞高性能飞机的可能性深深吸引。超音速飞行已经改变了现代飞机的面貌，但自两次世界大战间的民用航空黄金时代以来，大部分民用飞机仍然使用慢速飞行的温和设计，鲜有改变。相较于平常的机尾水平安定面，鲁坦更倾向于前部有“鸭翼”的三角翼喷气式战斗机设计。鸭翼的优势在于能够先于主翼失速。如果飞机飞行速度过慢或机头仰角过大，鸭翼可以首先失去升力，使机头回落，飞机回至控制飞行中。

鲁坦创立了鲁坦飞机制造厂，设计了一系列突破性的非专业飞机。首先面世的是VariViggin飞机（灵感来自瑞典的Viggin喷气式战斗机），之后的Vari-Eze自制系列以其合成材料和相对简单的构造彻底改变了民用航空业的面貌，而且这一系列的设计看上去相当酷。如果说第二次世界大战前些年的特技飞行表演是民用航空的黄金时代，那么20世纪70年代末、80年代初，当鲁坦的设计将先进材料与空气动力学带入了普通人的生活，那就是航空DIY运动的美好时光。

但DIY市场的经济意义最终一片暗淡，鲁坦关闭了飞机制造厂，转而专注于缩尺复合材料公司。他最初开办这家公司的目的在于为商业和军方客户设计飞机。当时DIY市场的问题是各公司都趋向于出售图纸，而非组装套件。图纸可能只收取25美元，但此后的若干年，公司都要负责客户支持，回答客户的各种问题，满足他们的不同要求。总之，出售图纸是一笔非常亏的买卖。

即便公司转而出售组装套件，最终也要面临工具、元件采购和法律责任等各类挑战。他们出售的不是几百架每架数百万美元的飞机，而只是几十套每套数万美元的组装套件。市场小得可怜，可风险巨大。鲁坦最受欢迎的Vari-Eze自制机在其整个生产时期内售出了不到800套。缩尺复合材料公司的商业客户可以带来更多利润，却几乎没有任何麻烦。鲁坦着迷于DIY运动，于是为大型公司和政府机构秘密开发先进设计的经济意义就具有了无法抵抗的魅力。最重要的是，鲁坦希望设计具有突破性的飞机，而不是满足组装套件业内无休止的需求。

目前，缩尺复合材料公司由诺斯罗普·格鲁曼公司所有。对于每个类似于“太空船一号”的高级设计，都对应有国防工业的巡航导弹原始模型或隐形无人机。缩尺复合材料公司的工程师们在莫哈韦机场跑道两侧的私人机库中的个人项目仍然闪烁着DIY精神的光芒，但缩尺复合材料公司本身则是高安全性的机构。

鲁坦的职业生涯是“创客运动”潜能与限制的良好借鉴。他利用大众化的合成物技术把现今的航空概念在业余爱好者中普及。但从制造成本到法律风险等各类障碍阻碍了业余爱好者进入载人飞行领域，仍然难于对现有的工业航空模式发起挑战。

鉴于航空器需要载人飞行，因此必须经过无休止的监管与法律测

评，必然耗费大量的资金与时间。这样的代价只有大型航空公司能够承担，这也是缩尺复合材料公司目前归于一家大型公司名下的原因所在。不过，鲁坦本人正在悠然地享受退休后的富足生活，能够安心地做一名快乐的创客。

乐高的长尾效应

把时钟拨回到鲁坦还热衷于把自己的爱好产业化的时刻，于是就看到了今天的威尔·查普曼。查普曼的三个儿子像很多男孩子一样，在8岁前痴迷于乐高玩具，之后开始对玩具士兵感兴趣，乐高已经不能满足他们的游戏需要了。

乐高是一家面向家庭的公司，一直对枪械玩具有自己的标准，几乎不制造任何20世纪的武器玩具。乐高会出品古时的武器玩具，比如宝剑和弓弩，但绝没有现代的M-16自动步枪或火箭推进榴弹发射器；也会出品幻想中的激光冲击波发射器和等离子炮，但没有“二战”中使用的机关枪和反坦克火箭筒。

这样的标准对乐高来说无可挑剔，但意味着孩子们在10岁左右进入喜欢战争游戏的年龄段后就会对乐高玩具失去兴趣。查普曼的几个儿子也不例外。2006年，查普曼的小儿子想用乐高玩具重现“二战”的一个战斗场景，但失望地发现乐高的玩具小人根本无法做到。

事情本来到这里也就告一段落了，但查普曼本人是个创客，在他位于华盛顿雷德蒙德的家中，地下室里有一台小型数控铣床，查普曼还会使用三维CAD软件。所以，他开始设计乐高玩具大小的现代枪械玩具，而且因为有这个能力，他还把这些玩具枪制造出来了。

他首先把文件发送到Taig 2018桌面数控铣床上。这台机器花费了不到1 000美元，可以从航天级铝块中磨制出半模，然后他把模型放在手压注塑成型机里。这台机器使用和家用烤肉架一样的普通丙烷熔化塑料，还有一个水泵上的压杆，用以把熔融塑料压入模型内。塑料使用的就是熔融的乐高备件，这样就能保证制作出来的玩具枪械与乐高玩具使用一样的ABS塑料。

进行了多次试验与修改之后，查普曼制出了非常漂亮的原始模型，包括一把M1步兵步枪和一把狙击步枪。他的儿子对此激动不已，所以查普曼又多做了一些这样的玩具枪械，开始与其他成年乐高玩具迷分享。这些成年人强烈要求查普曼多做一些，于是他就开设了一个网站，专门销售此类自制玩具枪械。

现在，他的公司BrickArms已经踏进了丹麦玩具巨头不敢逾越的雷池——纯正的武器，从乐高玩具大小的AK-47冲锋枪到看上去就是从《光晕3》中直接拿来的破片手雷，这些玩具枪械的部件比普通的乐高构件

更加复杂，但品质丝毫不逊于原版乐高玩具，而且在线销售。无论孩子还是大人，都可以使用查普曼的产品建造出比普通乐高玩具更酷的场景。

乐高公司是一家大型工业企业，设计师团队在丹麦比隆的高安全性园区内从事设计工作。工程师负责在专用的机器车间内制作出原始模型，模型获得通过后即在大型注塑成型工厂内投产。各个部件都会装入特定的组件包，这些组件包需要经由玩具测试，针对大众零售市场定价，然后在于塔吉特或沃尔玛上市销售前数月发货、库存。这一过程生产的构件都以百万为单位销售。

查普曼的工作流程则与此不同，他不断使用CAD软件设计新的玩具武器，并在桌面制造工具上制作原始模型。只要模型看上去不错，他就会把设计文件发给一个本地工具制造商制作不锈钢模型，然后发送给一家美国本土的注塑成型公司，制造数千个产品。

为什么不选择在中国制造？他说也可以在中国制造，但那会导致"模型生产时间加长，沟通时间增加"。查普曼的三个儿子负责把构件装盒，直接用于销售。现在，BrickArms在英国、澳大利亚、瑞典、加拿大和德国也有经销商。公司不断发展壮大，于是查普曼在2008年结束了长达17年的软件工程师工作生涯。现在，他仅凭乐高武器玩具的销售就能轻松支持五口之家的生活，他说："有了BrickArms，我很悠闲地就可以比做软件工程师时挣得还多。"

乐高公司对此有何感想？说实话，乐高乐于接受它的存在。BrickArms和BrickForge、Brickstix等同类型小公司可以制作各种"类乐高"产品，包括乐高玩具大小的定制人物以及能够让官方乐高玩具小人与众不同的贴纸。这些公司围绕着丹麦玩具巨头构成了一个补充生态系统。

他们为乐高解决了两个问题。首先，他们生产的产品销售数量尚未达到乐高公司批量生产的标准，但为眼光独特的乐高客户所需。这就是乐高的长尾效应，在塑料积木玩具市场内的利基需求与在音乐和电影市场内的一样真实。创业者们围绕着乐高这艘母船共同填补了市场空白，而乐高公司也可以继续专注于大规模的产品市场。

其次，BrickArms等公司的产品特别受年纪较大的孩子的欢迎，让他们能在乐高世界里多待几年。孩子们对乐高玩具丧失兴趣的年龄由8或10岁推迟到了12岁。由此，他们对乐高玩具从随便玩乐的态度转变到真正热爱的机会也随之增加，甚至会持续到成年以后（别笑，乐高的建筑系列在书店和博物馆纪念品商店都可买到，每套售价约为100美元）。如果真是这样，这些成年乐高迷可能会成为最精巧的乐高套系的购买者，包括星球大战系列的"死星"和"歼星舰"在内，这两个套系都含有3000余个构件，售价400美元。

因此，只要这些公司不侵权使用乐高的商标，并且在产品上标明“玩具有尖角/易吞咽，注意远离儿童放置”的警示说明，乐高基本上打算对此类乐高迷创建的公司睁一眼闭一眼。实际上，就使用最好的无毒塑料以及在可能造成窒息的构件上注塑通气孔，乐高甚至做出过非正式指导。

BrickArms等公司是瞄准利基市场的创客商业的代表。传统的大众制造通常无法很好地满足此类市场的需求。

20世纪制造业模式的胜利之一为规模优化，但从21世纪的角度看，这也是一种负担。亨利·福特的标准化可更换零件、流水线及常规化工作等有力的大规模生产方式创造了不可战胜的经济优势，为普通客户生产了优质产品，但它们同时具有专制性且缺乏灵活性。小批量与大批量产品间的价格差异巨大，以至于大部分购买者只能在能够负担得起的产品或宽泛的选择范围之间拥有其一，无法二者兼得——廉价的大规模生产产品每次都能打败产品种类而胜出。

同时，大规模生产的长工装周期意味着销售开始前数年就要进行产品设计，并且创新成本随大规模试验失败成本增高而上升（比如福特的创新车型埃塞尔将福特的创新回拖了数十年）。现在，一切都没改变：本地家具制造商只有通过为富人制造家具，才能与宜家竞争。所有的比利书架（我也有份）都是市场选择的结果：人们不在意使用相同的书架，他们不愿为个性化书架多付钱。

大规模生产占据优势后更大的代价是小规模制造业的衰落。与零售业内本地特色零售商被沃尔玛挤出市场的情形相似，20世纪上半叶，众多汽车公司也不得不向底特律五大汽车公司屈服（或被这几家公司吞并）。纺织、陶瓷、金属制品、运动装备等行业也是如此。所有企业都向国外廉价的劳动力低下了头，而美国国内的工会关系在工资压力下日趋紧张。

当然，很多小型制造商都输在了自己的品质上：产品质量敌不过进口产品，成本也没有竞争力。但其他一些企业则是因为鲜有顾客坚持需要特有产品（或只希望购买美国产品），因而失去了分销渠道。仓储式零售商价格底线的残酷竞赛使得利基产品越来越难于立足。

时间快进到半个世纪后的今天，两件事情发生了改变：首先，由于有了桌面制造和易于获得的生产能力，任何有创意的人都可以开办实物制造业企业；其次，他们可以通过互联网全球发售产品。实体产品创业的准入门槛迅速降低。

“万级市场”定义了在线交付产品与服务的利基策略。“万级”足够开办一家公司，但又可以继续保持原有特色，避免大规模竞争。它是大规模生产工业中缺失的空间，是市场里的暗物质——实物的长尾效应。从这些市场中脱颖而出的较灵活的小公司凭借大众化制造的新工具，有机

会绕过旧有的零售与生产障碍。

一些从利基市场起家的小公司甚至还可以发展壮大为大公司。

原子与比特的终极组合

如果你在2009年年初去过加利福尼亚州旧金山以南的门洛帕克市技术工坊“创客空间”，就应该看到过一个又高又瘦、样子有点儿笨拙的人。他叫吉姆·麦克尔维，在一个工作台边摆弄着一小块塑料。大家能够看出来的是，他也是正在学习使用数控机器，尽管手上的活计看上去是那么微不足道，但没有人知道他手里的塑料块有朝一日会变成什么样子。

时年43岁的麦克尔维是圣路易斯的一名技术创业者，他在1990年创立了一家名为Mira的早期数字出版公司，在光盘只读存储器及互联网前时代在线数据的首波多媒体浪潮中崛起。在20世纪90年代初期那些令人兴奋的日子里，麦克尔维和他的团队经常在当地的一家咖啡馆里碰头，集思广益。一天，咖啡店老板玛西娅·多西说她的儿子杰克·多西对计算机很感兴趣，正在找实习机会。麦克尔维于是同意见见杰克。

约定的时间到了，而麦克尔维正埋头在键盘上，忙着应付一个就要到期的程序。这时，一个孩子拍了拍他的肩膀：“你好，我是杰克·多西。我妈妈说你这里要找个帮手。”麦克尔维吃惊地抬起头来（他已经忘了自己约过人）：“你好。你能稍等我把这个东西搞完吗？”然后就继续工作了。

半个小时以后，麦克尔维意识到他已经把来访者忘得一干二净。他抬起头，惊讶地发现多西根本没动地方，站在那里半个小时一动没动，一言未发。就算按照程序员的标准，这也足够奇怪了。

麦克尔维会把多西站在旁边的事情忘得干干净净确实也很奇怪。（不过多西觉得站在麦克尔维旁边试着找出程序中的错误非常有趣。）这说明他们两个人非常搭调。麦克尔维本人的怪癖也可说是神奇，其中就包括曾花了三年的时间自学演奏贝多芬《月光奏鸣曲》中出名难学的第三乐章。这也是他现在唯一记得的钢琴曲了。

麦克尔维看中了多西的性格，当场雇用了他。这两个圣路易斯最聪明的极客年龄相差10岁，但逐渐建立起了友好的合作关系。在麦克尔维的引领下，多西渐渐活跃起来，他在编程方面的杰出才能时时让人惊叹。

不过麦克尔维最终还是决定转行做玻璃吹制，这是他早年的爱好，而且决定成为这方面的专家（不久，他确实对此有精进的研究）。多西则搬去了加利福尼亚的奥克兰，进入一家小型网络初创公司工作。这家

名为Odeo的公司试图使用播客软件占领市场。

一年之后，苹果公司在iTunes里嵌入了自己的播客软件，Odeo公司于是有了麻烦。公司创始人埃文·威廉姆斯问大家有没有其他好主意。多西碰巧有个主意：他在多年前就考虑过的即时状态更新。多西、他在Odeo的同事诺亚·格拉斯以及公司的合同程序员弗洛里安·韦伯共同开发了一个小的概念验证模型，人们可以向“关注”自己的人发送短消息。他们把该模型称为Twttr。威廉姆斯和他的团队非常喜欢这个模型创意，于是关闭了Odeo公司，把资金退还给投资人，然后根据多西他们创立的模型开办了一家新公司。他们在Twttr中加入了元音字母，公司正式命名为Twitter。其余的如他们所说，是历史。

多西终于迎来了自己的辉煌年代。威廉姆斯现在是Twitter的掌门人，而多西希望拥有自己的公司。他和自己的老上司麦克尔维聊起了这件事，两个人决定合办一家新公司。他们有不少想法，可能会与移动技术有关。但由于非竞争协议限制，多西不能从事与Twitter相似的业务，这就排除了新公司的很多种可能性（麦克尔维客观地说“Twitter的未来范围可是不小”）。所以，麦克尔维和多西只好寻求新路。

麦克尔维说那时他刚好在电话销售自己的玻璃器皿方面碰上了麻烦。一位在巴拿马州的女士想购买一个玻璃的浴室龙头，售价超过2万美元。她只有美国运通卡，可麦克尔维却不能接受使用该卡的支付。他有一种不好的预感，就因为信用卡行业的限制，他要丢掉这笔生意了。就在那时，他突然想到了自己和多西要做的事情：改变支付方式。

所以麦克尔维才会在技术工坊里摆弄小塑料块。那个小塑料块里有一个能插入iPhone耳机插孔的信用卡读卡器（就是一个磁带录音机的磁头）。把信用卡在这个装置上一扫，装置就会生成手机内置软件能够读取的音频信号，转化为有意义的数据之后传送到网站上，完成信用卡支付。由此，可用手机代替体积庞大、成本高昂的销售点终端。有了这个小小的塑料读卡器，任何人在任何地方都可以完成信用卡支付。麦克尔维和多西开办的新公司名为Square（方形），部分也是因为他们发明的读卡器是方形的。

与麦克尔维和多西此前供职的公司不同，Square公司是硬件与软件的组合体：手机上的小装置是实体产品，与之配套的手机应用和网络服务则是比特技术。喜欢与否，他们都已经进入了电子产品行业。

但这不是多西设想的模式。他是一名程序员，确信仅通过软件就能解决这一问题：使用手机上的摄像头读取信用卡号码。可说起来容易，做起来难。麦克尔维说：“事实证明，那非常困难。如果信用卡摆放的角度不对，根本不可能读取到那些数字。”两人就此展开争论，都使用更多的技术支持证明自己的方法更好。麦克尔维只有一个办法可以解决这个问题：“我只能做出一个产品模型，用事实告诉多西，硬件是更好的解决之道。”

所以，麦克尔维就去了技术工坊，试制一系列测试型信用卡读卡器。实际上，他在数月前就已在自己教授玻璃吹制课程的圣路易斯华盛顿大学开始了试制工作，他在那里可以使用学生用机加工车间。但多西和Square公司都在旧金山，所以他只能前往硅谷完成自己的制造，争取胜利。

Square公司最初的几台设备是手工打造的。接下来的一些都是在技术工坊的数控机器上制造，由麦克尔维编写原始的G代码（而不是使用CAD软件设计）。产品体积越来越小，设计越来越美观。多西最终被说服了，选择了硬件产品。他们计划赠送数十万个Square读卡器，通过像信用卡公司那样削减交易费用赚回成本。但那就意味着每个Square读卡器的成本不能超过1美元，而且需要大批量生产。这些产品还必须结实耐用，操作简单。以Square公司的运营规模，任何一个机械或电子问题就足以导致公司破产。

虽然麦克尔维对此类硬件工程几乎一窍不通，他还是选择了自己前往技术工坊完成原始模型的制造，以便获得第一手经验。如果公司要派送数百万个该产品，它们最好不要出现问题。这是消费者使用公司服务的通道，也是公司的实体象征。把设计与生产外包给合同制造商当然会更便宜、更省事，但风险也更高。如果根本不了解自己的产品，又怎么可能知道应该选择哪种设计或哪个制造商？能够充分了解产品的唯一办法就是自行制作首批设备，彻底搞明白所有问题。

麦克尔维说："我手工制作了50个这样的设备，真是完全不同的经历。我搞明白了方位误差和转矩误差，从实践中获得知识，亲手制作产品，真是让人获益匪浅。如果你亲眼看到整个过程——看着溢料如何从注塑模型上剥落，当你拉动注塑线进行收缩时，就会知道应该如何控制注射头的运动。如果我没有亲自动手，这样的知识就只能是间接性的。我们就只能获得老式的委员会设计产品。之后，会更贵一些，而且会很平庸。"

准备正式投入大规模生产时，麦克尔维这个忠诚的密苏里州人首先想在圣路易斯找到一家合适的注塑成型工厂完成他们的订单，但没有一家工厂能够以麦克尔维提出的价格大批量生产。于是他只好前往中国，最后的设计进程在广东省完成。麦克尔维和一名不会说英语的工程师在过时的Solidworks CAD软件上一起工作到凌晨3点（由于打击盗版，中国工厂在2007年后不再使用任何版本的Solidworks软件）。由此，麦克尔维完成了从创客到实业家的转变。

现在，Square公司的身价已达数十亿美元，拥有几百万客户。公司已由手机B2B交易业务扩展至基于iPad的全销售点终端，与NCR这样的收银机生产巨头竞争。Visa信用卡公司是Square的投资方之一，部分是因为Visa看到了Square想要成为移动时代全球支付平台的远大抱负，这与Visa当年希望称霸信用卡时代的理想如出一辙。多西又重新出任Twitter的执行主席。上午，他执掌Twitter；下午和晚上，则是Square的

掌门人。计算一下他的工作时间分配，就能看到多西的偏爱所在。虽然他的财富更多地与Twitter捆绑在一起，比Square的身价多出数十亿美元，但他却心系支付方式的变革大业。

颇具讽刺意味的是，Square公司的办公室位于前《旧金山纪事报》（San Francisco Chronicle）的大楼中，这幢建筑物是20世纪工业力量的一个标志。曾几何时，巨大的印刷机日夜不停，卡车排成长龙，往来穿梭，运送大卷新闻纸。现在，《旧金山纪事报》已入暮年，印刷机淹没在历史的烟尘中，曾经的空间被网络公司和创客公司占据。在街区的另一栋建筑物中，技术工坊开设了旧金山分店，每天都是人满为患。来到技术工坊的人都像麦克尔维一样怀揣着有朝一日干出一番大事业的梦想。

麦克尔维虽然仍是Square公司的董事长，但他大部分时间待在圣路易斯，继续教授、从事玻璃吹制。这与他在技术工坊的创客时刻也不无关系。

所谓的关系是，玻璃吹制在30年前也经历了创客时刻。玻璃艺术的制作技巧2 000年来维持未变。为保持玻璃的延展性，必须使用稳定高温，因此需要巨大的陶瓷壁熔炉，保持热量均匀分布。玻璃熔炉需用4天时间达到所需温度，而且一旦炉壁损坏就不能再用；必须不断向其中添加燃料。麦克尔维说，这也是威尼斯周围没有森林的原因。树木都被威尼斯的玻璃制造商砍去烧炉子了。

以此种方式制造玻璃一直都需要工业规模的运营，比如现在制造帝凡尼灯具的厂家。但这样的工业规模运营只能生产能够为工厂带来经济效益的主流产品。创造力必须向大宗销售的产品屈服。

但在20世纪60年代初期，玻璃匠人哈维·利特尔顿和多米尼克·拉宾奥发明了使用小型丙烷熔炉低温制造玻璃的方法，这种熔炉可以良好地融化玻璃。现在，个人可以使用小型工作室或社区艺术中心也能负担得起的设备制造玻璃。

这种玻璃熔炉相当于个人电脑时代里的激光打印机，或是今天的激光切割机和3D打印机。价格更低、体积更小、更有力的工具意味着普通人也可以从事更加复杂的活动。那些20世纪60年代的创新将生产工具大众化，欣欣向荣的玻璃艺术运动由此开端，麦克尔维正是参与其中的一分子，他是全球最大的玻璃艺术家组织的主席，已经出版了一本玻璃艺术的专著，在圣路易斯开办了一家社区玻璃生产和培训公司。

麦克尔维是将个人爱好发展为企业的典型创客。因此，时隔20年，他与多西决定创立Square公司时，创客的本能驱使他亲手制作硬件产品的原始模型。由此，Square公司能够将更好的产品更快投放市场，鉴于他们自己制作产品，因此能够更快地改进设计，了解其中的长处与不足。

现在，Square公司的巨大成功迫使全球几家大型金融支付公司不得不打出竞争性广告，以求挽留住原有客户。销售点信用卡读卡器制造商Verisign认为其产品的安全性高于Square公司的产品，其广告宣传为："玻璃吹制商偷走了你的信用卡。"麦克尔维非常喜欢这则广告，这时时提醒他自己应植根何处——还有大公司低估创客能力的危险。

第十二章 云工厂

一旦制造业上线，一切都会改变。

马云将这一模式称为“C2B”——客户对企业。这是一条贸易的新康庄大道，完全适合DIY运动的微创业者。马云说：“如果我们能够鼓励企业接受更多跨界小订单，就能获得更高的利润，因为这些小订单都是独特的非商品产品。”

费莫奇注定要做一名工人，而且很可能仅此而已。他在佐治亚州的蒂龙长大，那时的蒂龙是个只有160人的小镇。费莫奇的父亲成立了一家小建筑公司，他高兴时就过去帮帮忙。费莫奇只上了6周大学，他觉得学习和考试不是他的专长，于是就退学了，去一所技术学校报名参加了一年的学习课程，心血来潮地选择了机加工专业（他对电子学更感兴趣，可惜已经满员了）。课程结束后，费莫奇没有获得任何学位，在一家机械工厂找了一份工作，每天就是负责按下冲压机上的按钮，为福特面包车制造车门塑胶边，有时也手工抛光金属。

1982年，20岁的费莫奇迎娶了高中时代的女友，他的生活似乎就要这样过下去了。

某一天，工厂老板突然问车间里的工人：谁了解CAD/CAM设计。福特汽车公司刚刚给了这家工厂一个大订单，要求使用数字文件。虽然对数字设计一无所知，费莫奇还是举起了手。为什么？他说："我真的已经厌倦了自己的职业选择。"而且别人都不想接手这个活儿。

费莫奇临时抱佛脚地学习了一些技术手册，然后就去了位于迪尔伯恩的福特工厂，了解福特公司的具体要求之后就开始把机械工厂的设计进行数字化处理，以符合福特公司的要求。他越做越顺手，先是手动编辑了机器编码文件，然后学会了如何编程进行处理。有时候确实会发生这样的事情：学习编程仿佛打开了费莫奇头脑中的一个开关。他爱上了这件事情，最终找到了自己的事业。1988年，西北航空公司在亚特兰大的一家维修厂聘请费莫奇为制造商无法供应的飞机替换零件编写数字版，以便航空公司自行制造。

费莫奇渐渐成为西北航空的"创新人士"，对数字工具越发了解。他自制了一台能够自动检查涡轮机扇叶并发现瑕疵的数控机器；改造了束之高阁的DC-10飞机（麦道宽体客机），使其能够飞到以色列进行翻修，然后再卖给一家出租公司。每架翻修过的DC-10飞机可以获利1 000多万美元。到了20世纪90年代末，费莫奇已经是西北航空公司的技术运营总监。那时，人们已经逐渐认识到航空公司的成败完全取决于供应链管理——全球供应商在正确的时间把正确的部分交付到正确的地点。

此时，费莫奇也意识到除了有效运营一家航空公司之外，还有更重要的事情正在发生——数字技术正在改变整个制造进程。他接受了一家数控机器公司地区销售负责人的职务，在工作中开始接触更多的制造商，发现制造商最需要的不是新的数控机器，而是沟通能力。费莫奇由此开始邀请制造商共进午餐。1999年的某天，在吃完午餐开车回家的路上，他听到了广播中LendingTree网站的广告："提出你的抵押贷款要求。让放贷人去竞争吧。"费莫奇意识到，那也是他应该为制造业做的事

情。

他以2 000美元购得了“MFG.com”的域名，在2000年创立了一个在线制造市场。网站的构想很简单：需要制造产品的公司将产品的CAD文件上传到网站，注明需要制造的数量以及其他说明；机械工厂和其他制造商可以对制造项目竞标，方式与LendingTree网站上放贷人竞标获得抵押贷款的方式相似。假以时日，各家公司就会分出高下，排名靠前的公司不会落入最低报价的陷阱。

实事求是地说，这个想法并非完全原创。那时，所有B2B市场，比如Ariba、VerticalNet和CommerceOne（还有很多以“e”开头的网站，从eMetals到eTextiles等），涵盖了从汽车到塑料各个产业。在比尔·盖茨《未来之路》（The Road Ahead）中提到的“无摩擦的数字资本主义”梦想的驱动下，这些公司都在改变着供应链管理的面貌。有的寻求使用逆向拍卖模式降低价格，比如eBay；有的则是某一产业中的大买家，旨在联合起来获得类似沃尔玛的购买力（由此，我在《经济学人》中使用了“买方多头垄断”一词——多个买家形成的垄断。据我所知，我是第一个使用这一词汇的人，我对此感到无法形容的自豪）。

MFG网站在2000年2月创立时，有超过2 500家同类型的B2B在线市场网站。然后整个市场突然崩塌。到了2004年，仅有不到200家此类网站。数十亿美元的市值消失殆尽。崩溃的部分原因来自当时十分常见的非理性繁荣。但与其他很多网络创意一样，这些网站不能说是疯狂——只是出现得太早而已。当时，各家公司还没有习惯电子购买，很多甚至还处于传真时代，他们的采购系统或精算系统尚未与新的电子商务市场兼容，雇员只好手动输入所有资料。更糟的是，供应商不愿参与其中。他们为何要放弃花费了数十年才与大客户建立起来的购买方/供应商关系，转而在以降低价格为目标的市场中竞争？

MFG网站是为数不多的能够存活下来的网站之一，鉴于其创立的时间较晚，因此没有沦为造星运动的受害者。没有失败的首次公开募股，也没有大规模的风险投资回合，只是费莫奇和几名雇员、由费莫奇独自出资在亚特兰大从无到有地创立一家最基本的网站。他们从小做起，没有因为太多资本或是太大压力而走形，能够从容地寻找自己的道路。

那条路就是简洁。没有拍卖、逆向拍卖或是其他，没有团购或订单集中，没有“无摩擦的资本主义”。这里只是一个可以上传文件、获取报价的平台。

火箭科学

这个模式非常奏效。网络泡沫过去之后，业务开始稳步增长。到了2005年，每天都有数千条询盘和报价信息，其中有不少来自华盛顿的肯特一个名叫蓝源（Blue Origin）的小型秘密团队，寻求似乎是用于火箭

的高耐受性零件。实际上，确实是火箭，而蓝源公司是亚马逊网站创立人杰夫·贝佐斯创立的一家秘密的太空公司。公司员工对MFG网站印象深刻，把它推荐给了贝佐斯。贝佐斯于是使用一个假名字登录网站，亲自体验、核实。

正当贝佐斯悄悄浏览MFG网站时，费莫奇却在与法国的达索系统公司洽谈网站出售事宜。就在MFG网站与达索系统签订合同前的两周，贝佐斯突然出击、还盘，向网站注资。MFG网站最终留在了费莫奇手中。贝佐斯又拿出200万美元用于雇员开支。最后的结果是MFG网站继续保持独立经营的状态，贝佐斯是网站的主要投资人。

现在，这个网站是世界上最大的定制制造市场，在50个国家拥有20万会员。截至目前，网站交易额已经超过1 150亿美元，月均交易额为30亿~40亿美元。

每天在网站屏幕上滚动的各类订单通常都是普通产品——注塑成型的塑料外壳、机加工的金属棒、紧固件、特殊缆线，但这为费莫奇打开了一扇无与伦比的窗，向他展现当今的制造业世界。他（以及深入挖掘该网站的任何人）可以看到产品在哪里由什么人制造，能够观察到制造的潮流与工具的浪潮。有在中国采购的美国人，也有正在把眼光投回美国本土的人，还有在波兰采购的德国人，以及在除了德国以外任何地方进行采购的法国人。通过网站，可以看到文化、经济学和全球化的深刻烙印。别管那些辞藻，这只是众多公司日常事务的基本交易流。

比订购产品更有趣的是谁在订购这些产品。不仅是大公司在从全球机械工厂那里定制零件和模型，小公司也参与其中：自行车制造商和家具店，电子承包商和玩具制造商。20年前，他们恐怕必须确认本地机械工厂能够做到的最好程度（无论叫价几何），或是直接飞往中国，历尽千辛万苦找到一家供应商，还必须考虑产品说明和语言障碍。

现在，任何规模的公司都可以上传CAD文件，然后等着竞标者找上门来，坐在办公室里就能得到世界上最好的报价和产品。听上去很耳熟？第一波电子商务浪潮涌来时，普通购买者也享受到了这样的待遇。现在，eBay和亚马逊的效应也扩展到了制造业中。

为何这一模式现在能够运转良好，10年前却一败涂地？因为世界刚刚跟上脚步。随着互联网一代开始掌管传统公司，曾经占据了费莫奇脑海的数字制造方法成为主流。B2B市场网站10年前纷纷出局，而MFG网站今天却能够广受欢迎的主要原因就是，制造业供应链上的各公司在从CAD软件到电子产品的整个流程内都已使用相同的文件格式。鉴于翻译成本降低，每笔交易的交易成本随之下降。大家都使用相同的数字制造语言，就是这么简单，普通的平台实现了超高效B2B在线市场的梦想。

这是所有技术革命都遵循的成功之路。高德纳咨询公司将这一繁荣——萧条——繁荣的轨迹描述为由技术推动的变革的“炒作周期”。“期望

膨胀顶峰”之后是“破灭谷底期”，然后沿着“启蒙斜坡”到达“生产力平稳期”。我们现已度过了前三个时期，正在享受最后一个阶段。待到某一业务进程太过平淡时，很可能才会真正进入正常运转状态。

所以，当我们都在把注意力转向热热闹闹的最新社交媒体时，MFG网站等多家网站却在安安静静、脚踏实地地大力驱动世界真正的经济引擎，更快、更便宜、更好地制造产品。

芝麻开门

1999年，我担任《经济学人》杂志亚洲商务主编，驻任香港。我在那里认识的第一批人都活力四射，似乎永不知疲倦。其中的一位就是马云，他征求我对他正在组建的网络公司的建议。他在那之前的四年曾经到美国出差，第一次看到了运行中的网络浏览器。与当时的很多人一样，马云被网络浏览器深深地震撼了。回到家乡杭州后，他找了一个拨号上网接口，叫上几个朋友，等了3个小时打开了第一个网页。这是多么神奇！马云随后创立了中国首家互联网公司“中国黄页”，并承担了中国对外贸易经济合作部的一个早期电子商务项目。

我见到马云时有三件事情让我印象深刻。首先，他是我见过的最瘦小的成年男人。马云个子不矮，但非常瘦弱。我怀疑他根本不到80斤，而且大部分重量还都在头部。他的头大小正常，不过和他瘦弱的体型比起来，显得相当大。其次，他的英语无可挑剔，他所有的重量都集中在大脑里。他智慧过人，非常健谈，对互联网的潜能异常热情，这些特质在当时的中国大陆人身上并不多见。最后，部分由于他与经贸部门合作的原因，马云最关注的不是消费者，而是中国小型制造业企业能够通过互联网，突破语言与文化障碍，与国外直接合作。

他希望了解我对他的新公司“阿里巴巴”的看法，他说：“你知道，它代表着‘芝麻开门’。”我很喜欢这个名字，给了他一些鼓励（我似乎记得，我对改变公司的宣传语给出了一些没什么帮助的建议）。然后，马云就离开了。

马云现在已跻身富豪之列。阿里巴巴公司拥有数家中国最大的互联网公司，目前雇员人数超过23 000人。公司于2007年在港交所上市时的首次公开募股为17亿美元，是自Google以来最大的技术上市股。我在撰写本书时，马云正考虑收购雅虎。我们上次在纽约见面时，他好像胖了一些。现在，他总算快长到100斤了。

阿里巴巴网站仍然是马云的主要业务，它实现并超越了马云当初的梦想，现有超过7 000万用户和1 000万店家，都是分散在各处的中国公司和生产商。每天，数百万人在阿里巴巴上做着马云10多年前就已经设想的事情：在办公桌前向工厂下制造订单。

MFG网站仅限于机械工厂，而阿里巴巴则把这一模式扩展到了所有事物、所有人，就像是制造业里的eBay，任何人都可以下单制造任何东西，数量随意。我已经从东莞一家特殊发动机制造商那里订购了自动化飞艇的电动机，说明了所需的轴长、线圈数量和电线类型，10天之后，模型机就已经送到了我的手中，等待检验。必须承认，我真的惊呆了，我居然找到了一家中国工厂为我工作！有了这种新发现的力量，我还能做些什么呢？

从创客的角度看，阿里巴巴和其他同类型网站是与众不同的能动技术，本质上向包括个人在内的大小买家打开了全球供应链，让他们能够把原始模型升级为全过程生产。

当然，这不仅是阿里巴巴一家公司的功劳，也源自中国经济与管理文化的变革。过去几年中，中国制造商对小订单的处理效率大幅提高。这就意味着即便是只有一个人的小公司也能够享受之前大公司才能享有的工厂服务。

这一改变来自两股潮流。首先，中国的商业运作已经成熟，日趋网络化。鉴于互联网一代正在进入企业管理层，中国工厂逐渐开始在线接受订单，使用电子邮件与客户联系、沟通，接受信用卡或贝宝支付，比传统的银行转账、信用状和订购单更好地以客户为导向。其次，目前的经济危机迫使企业寻求利润更高的定制订单，以抵消商品的通货紧缩螺旋。

若要了解中国开源工厂的新世界，搜索阿里巴巴，找到制造你所需产品的一些公司，通过即时通信工具（IM）与他们联系，询问是否可以生产你想要的东西。阿里巴巴的即时通信工具能够实现实时中英互译，因此工具两端的人可以使用各自的语言交流。通常，几分钟之后你就能得到答案：我们不能生产；我们能够生产，这是下订单流程；我们已经制造了相似的产品，这里是具体报价。

马云将这一模式称为“C2B”——客户对企业。这是一条贸易的新康庄大道，完全适合DIY运动的微创业者。马云说：“如果我们能够鼓励企业接受更多跨界小订单，就能获得更高的利润，因为这些小订单都是独特的非商品产品。”数字最能说明问题。马云说，过去3年内，在阿里巴巴平台上从事电子商务的企业已经在中国创造了110万个就业机会。

这一趋势在多个国家都有体现，但在中国的发生、发展速度最快。其中一个原因就是引发山寨产业崛起的文化活力。“山寨”一词源自中文的“土匪”，通常指蓬勃发展的电子产品仿制业，或像Shanzai.com（中文词汇在以英语拼写时，有时会省略第二个“h”）使用的更概括的说法那样：“不遵循传统商业规则或运营方式的经销商，通常产生创新性的非常规产品或业务模式。”也正是这些经销商正通过与微创业者间快速、灵活的合作，不断推动创客革命中制造方的前进。

目前，每年生产的山寨手机超过2.5亿部，很多为iPhone和安卓手机的仿制品，其中不少种类的产量相对较小，只有10 000部或更少。从外形到产品特性，山寨手机的变形版本多种多样，力求脱颖而出。（比如很多山寨手机都有2个甚至3个SIM卡（用户识别卡）插槽，满足多卡用户的需要：用于家庭专用、工作专用甚至是情人专用SIM卡。）

山寨现象有趣的一点是，盗版的组织结构最终与开源十分类似。一旦创意与技术开始风靡，无论是来自盗版的助势，还是源自开源开发者的支持，最终都会刺激产生同样的合作创新。曾经相互分享的创意会得到进一步分享，相互分享创意的人会一起工作，获取共同利益。没有秘密，价格跌落，责任性增加。

中国首个创客空间“新车间”的创立人李大维在接受未来学会采访时解释了山寨模式成为开源创新、微制造和个人制造未来的原因：

山寨制造商对产品原创者的知识产权考虑不多，并且互相分享各类信息。该生态系统的参与者都是小型销售商，没有中心巨头负责协调整个系统。每个成员之间互相推动，产生有效的微制造生态系统。这个系统能够对市场做出快速反应，同时基本无须任何经常性费用。

正如李大维所说，此类公司完全符合未来学会的“轻质创新”模型。

1.把你的组织联结成网：“重庆的自行车销售商在茶馆里悠闲自得，深圳的山寨销售商形成了以大型电子市场为中心的广阔网络。”

2.奖励解决方案寻求者：“薄利多销促使山寨合作团体完全受解决方案驱动。如果没有产品交付，就挣不到钱。‘非原创’从来都不是问题。”

3.支持开源：“山寨的狂野西部完全是开源的。大公司的商业机密可以在此自由流动。每样东西的默认状态都是‘开源’。如果抛开知识产权问题不谈，山寨绝对是我们在开源世界中寻求的终极开源。”

4.积极参与：“山寨销售商曾经是在原创厂商的产品上市后才进行仿制，但过去的一年中，我发现很多山寨制造商是根据最新的网络传言而动，特别是与苹果产品有关的传言。特别好笑的是居然出现了大号的山寨iPhone，仅仅是因为山寨制造商听到了iPad可能看上去会像大号iPhone的传言。”

开源Arduino计算平台的核心开发人汤姆·艾戈指出：“山寨模式也指明了经济复苏的一种新方法，是以互相联结成网络的小公司为基础。这个方法最终在制造业世界显现效力会怎样？我们拭目以待。”

DIY工厂

最后是第三组别的“云工厂”：基于网络的服务商，使用激光切割机

和3D打印机等数字制造工具提供制造服务。类似于Shutterfly等照片服务商提供的照片服务：你只要上传文件，就能得到制作好的成品。不必自己拥有数字制造工具，却能享受高品质的生产服务。

Ponoko和Shapeways可能是此类服务商中最知名的两家公司。Ponoko（我是该公司顾问委员会的志愿者成员）在新西兰起家时只是一个激光切割服务商，但现在已经是提供激光切割、3D打印和数控切割的全球性公司。模式很简单：在你的台式机上设计完成后，把文件上传到网站。软件会自动检测设计文件的可制作性，然后通过选项引导你选择想要的制作方式。如果是二维形象，可以使用各种塑料、木材甚至是金属铝进行激光切割。三维设计则可使用3D打印或数控切割，可用材质的范围更广。你可以设计、制造小到戒指、大到桌子的各种物品。如果设计文件出现了错误（我总是会出错），软件或工作人员会帮你修正。

也像在照片打印服务中一样，你可以选择公开分享自己的设计文件，或是要求其他人订购，甚至可以开设一家“店面”，只要有人利用你上传的文件制作物品，你就能获得收入的一小部分。

Ponoko的大部分生产机械并非为其所有，它只是客户与具有过剩产能的制造车间之间的软件层。Ponoko网站负责指导毫无经验的潜在创客使用机器能够理解的语言制作、上传设计文件，同时向客户推荐使用的材料、计算价格并处理交易，然后把文件发送给制造方。客户与制造方无须直接接触。

Shapeways的功能与Ponoko完全相同，只不过其专攻领域是3D打印，使用的材质五花八门，包括普通的塑料和树脂，以及金属钛、玻璃甚至是不锈钢。制造成本依选用的材料和制作的数量核算。一个玩具士兵大小的塑料制品可能只需要15美元，而较大的金属物品则会花费50美元，甚至更多。可以选择单色或全彩打印。

电子产品（印刷电路板）、织物甚至是陶瓷制品领域也有相似的服务。所有这些服务的鼻祖都是乐高公司，其出品的儿童乐高数字设计师CAD软件让孩子们可以对乐高积木做完全相同的事情：他们利用这个软件在电脑上进行设计，把文件上传给服务商，然后就能得到与乐高正品品质一样的定制积木包。如果有其他人购买该定制积木包，设计者就能获得销售收入的一部分作为报酬。

无论是MFG网站的机械工厂，还是阿里巴巴的低成本工厂，或是Ponoko和Shapeways的一次性数字制造，所有此类服务都赋予了你在个人电脑上制造产品的能力，而且你无须拥有自己的生产工具或是踏进工厂一步。在某种意义上，全球制造已经具有了规模的不确定性。工厂曾经只接受大公司的最大订单，现在，很多工厂会接受任何规模的订单。小批量生产意味着价格较高，但如果只进行少量生产，那么与生产能力相比，成本差异就显得无关紧要了。世界供应链终于实现了与个人的“阻抗匹配”。现在，人人可以生产产品。

很快，这种智能制造软件就会嵌入CAD软件中，比如Autodesk 123D程序。就像你在文字处理软件的菜单中可以选择“打印”选项，你很快就可以在CAD程序菜单中选择“制作”选项了。如果你有桌面制造工具的话（3D打印机、数控机器或激光切割机），就可以选择“本地”制作，或者选择云“全球”制作，让专业服务商替你完成制作过程。软件会协助你选择二维或三维方式，并根据物理属性与成本挑选材料。由此，进入大规模制造的最后障碍也消失了。我们所有人都可以轻点鼠标，让工厂为我们工作。那你今天想制作什么呢？

第十三章 DIY生物学

终极创客梦想是可编程物质。

自然已经按照这样的方式运行了。

激光切割机、3D打印机，还有数控铣床都很酷，但与所有桌面制造机器一样，它们在使用的材料与制造复杂性方面都自有其局限性。你不可能用这样一台机器烹制一顿午饭，甚至是做一双新鞋。为达到这样的目标，必须拥有一台通用制造机。

激光切割机、3D打印机，还有数控铣床都很酷，但与所有桌面制造机器一样，它们在使用的材料与制造复杂性方面都自有其局限性。你不可能用这样一台机器烹制一顿午饭，甚至是做一双新鞋。为达到这样的目标，必须拥有一台通用制造机。比如《星际迷航》里的“复制器”就是一台几乎能按需制造所有物品的机器。可惜，那还只是科幻小说中的构想。

不过，这样的想法数十年来都在激励着各个科幻小说家的想象。在尼尔·斯蒂芬森的小说《钻石时代》（The Diamond Age）中，整个社会都被“物质编译器”改变了。这种机器能够制造你需要的任何东西，匮乏永远成为过去时。

开始只是一间空屋子，是钻石半球，闪烁着微弱的红光。楼板中间是一台8厘米进料器赤裸的横截面，中央的真空管周围是各种细小一些的管线，每条管线都有一簇微型传送带负责运送纳米机械组件——单个原子或连接在一起的合用的模块。

物质编译器是送料器的终端机器，按照程序设计，每次从传送带上提取一个分子，把它们装配成更加复杂的结构。

那是科幻小说中的情节，但与之相似的事情并非完全不可能发生。麻省理工学院的教授尼尔·格申费尔德认为，二三十年后，小说中描述的场景就能变为现实。

我们该如何实现这些梦想？格申费尔德指出，不能仅仅依靠更快、更精准的3D打印机和其他数控机器。他认为此类机器的问题是它们只能“把东西混合”，虽然能够喷注、切割或加热物质，但也只是实现了材料的移动或改变了材料的状态（硬化）。材料本身对即将转化成为的物品没有任何感知或概念。制造机必须完成所有的工作，材料没有任何“帮助作用”。

而简单的乐高积木就与此不同。孩子在玩乐高玩具时，积木能够修正孩子的错误——只有积木之间完全契合时才能插在一起。更大型的得宝系列还能引导孩子正确插配积木的斜边；当两块积木的斜边互相契合时，需要施加外力，向正确的方向转动积木才能插建结实。积木本身提供了一个坐标系——乐高网格。插建完成之后，你也不会把这些积木扔掉，而是把插好的东西拆掉，再用那些积木插成别的东西。于是，这些积木就变成了可循环使用的终极材料。

可编程物质

乐高积木在某种意义上可以算作“智能物质”，有自己的装配规则和预定功能，比如作为铰链或是车轮。

听上去有些疯狂？一点儿也不——你的四周已经满是这样的物质了。这是自然运行的方式。比如晶体就是原子自我组合的不可思议的复杂结构，从雪花到钻石都属晶体之列。你的身体也是各类蛋白质在氨基酸脱氧核糖核酸/核糖核酸的指挥下构建而成的系统，氨基酸本身又是自我结合的各种原子。生物学是最原始的工厂。

“智能物质”描述了生命的某些基本组件。格申费尔德最喜欢的例证是身体细胞中的核糖体。一个核糖体就是一种制造其他蛋白质的蛋白质——一台能够制造其他生物机器的生物机器。在格申费尔德看来，那是一种先进制造机的模型。

细胞中构成DNA（脱氧核糖核酸）的基因转译成RNA（核糖核酸），一种镜像。核糖体是能够读取RNA的“细胞器”，按照氨基酸合成编码构成特殊的蛋白质。蛋白质合成之后，就会在来自自身原子键的电荷与引斥力的驱动下自动结合为复杂的形态体。数量庞大的各类形态体再自我形成从细胞壁到骨头等身体结构元素。

在此例中，一维编码（DNA的四个化学“字母”以不同组合构成长长的单维长链）产生了三维物体（蛋白质）。鉴于DNA与之工作的物质（先是RNA，然后是核糖体，最后是蛋白质）不只是被混合、堆砌在一起，而是有自身的化学与结构规则和逻辑，因此些许信息就能产生令人惊叹的复杂性。格申费尔德把核糖体称为“可编程物质”，DNA负责对它们编程。相同的原理适用于任何事物。

在格申费尔德位于麻省理工学院的实验室里，学生们迈出了探索性的一步。他们把微小的电子元件插合起来，这些元件能够自动形成正确的连接。其他地方的研究人员将这一概念进一步引申。最大有可为的可编程物质就是DNA。

“结构DNA”新领域不是把材料作为基因编码，而是作为建筑材料使用，不包含任何生物功能。现在，全世界约有60家实验室正在进行这一研究，研究人员能够合成DNA链，构成方形、三角形和其他多边形。很多此类结构都是把多条二维DNA形态体“平铺”成一片。另外一些则是把DNA折成三维形状，该过程称为“DNA折纸技术”。

三维DNA结构可以编程构成“脚手架”，形成方盒结构。其他序列可以编程对某种化学刺激做出反应，形成一扇门。这一构想可用于将药物置于一个结构DNA盒中，盒子上的门处于关闭状态，然后由身体将这个结构DNA盒运输到盒内药物需要发挥作用的地方。之后使用相应的化学刺激打开盒子上闭合的门，在精准的位置上释放药物。

我们距离此类产生任何材质大型物体的可编程纳米机器还有很长一段路。比如，DNA并非刚性物质，因此研究人员探索使用其他绑定物

质，比如把纳米金颗粒附着在DNA上，以增强DNA的强度。即便如此，制造出来的物体也还是极其微小，仅在显微镜下可见。另外一些研究人员尝试使用特殊的聚合物和其他化合物，虽然DNA的硬度有所增强，但却超出了可编程的范围。

截至目前，该技术仍然处于概念验证研究阶段，但事实证明这一想法可行，因此在宏观上实现可编程物质并非没有可能，甚至会像格申费尔德预言的那样，在二三十年后即可实现。而且在这一领域已经出现了“创客运动”。

使用DNA创造

1983年4月的一个周五，临近午夜，对冲浪运动略显痴迷的化学家凯利·穆利斯开车行进在加利福尼亚的太平洋海岸128号公路上。当他开到克洛弗代尔和布恩维尔中间的某个地方时，突然灵光一现。那个想法最终为他赢得了诺贝尔奖。当时，遗传学面临的最大问题是没有足够的DNA用于研究，而能够获取DNA的材料又经常受到污染。

穆利斯边开车边想分析DNA突变的各种方法，然后他意识到自己碰巧找到了使用一种特殊细菌酶（DNA聚合酶）通过热周期进程复制DNA的方法。另外一些科学家曾经想到使用聚合酶复制最吸引人的DNA片段，但穆利斯发现热周期能够引发链式反应，每一热周期能将复制DNA的数量翻倍，很快就能达到百万级。

穆利斯使用从极端微生物菌（耐热菌）中提取的聚合酶触发了DNA自动复制，创立了现代遗传学研究工业。这一技术称为聚合酶链式反应（PCR），为穆利斯赢得了1993年诺贝尔化学奖。

PCR机又称热循环仪，现已是遗传学实验室不可或缺的设备。该设备最初售价近10万美元，但目前花5 000美元就能购置一台。PCR是遗传学革命的一个奇迹，也是新生物学发展的基石。

然而，5 000美元一台的价格还是太高。如果想在非洲使用，并且用电池供电，该怎么办？或者给孩子们上课时使用？或者你只是想用机器做些试验，而并不关心机器里面到底装的是什么？

对于加利福尼亚州年轻的研究人员乔希·佩尔费托来说，上面几项一个都不能少，而且他希望这样一台机器能够面对所有人开放，人人可以使用。所以，因为有这个能力，他就发明了一台开源PCR机，是一种开源硬件的热循环仪。这台胶合板外壳的机器只有一个饭盒大小，顶上是一个小小的液晶显示屏，机器里面有一块Arduino处理器板、一个电源、一个DNA和培育酶容器以及若干加热线圈。机器售价599美元，大概是商业热循环仪价格的1/10。你还可以对这台开源机器做任何修改。

佩尔费托是“DIY生物学”运动中的一员，这是“创客运动”的一个小分支。“生物黑客”建立起了各种共享科学工作空间，比如硅谷的“好奇生物”和纽约的“绅士空间”，类似于硬件世界中的创客空间。目前，这些工作空间基本还停留在普通的大学生物实验室水平，但正通过各种引人注目的（教育）项目赢得更多追随者，比如通过在当地餐馆中开展的“DNA指纹寿司”项目，可以验证寿司是不是真材实料。

现在，“DIY生物学”运动更多的是把科学工具大众化，而非进行真正的科学实验。太多的实验室设备成本高昂，具有专利属性，难以使用，而且隔离于大众之外。所以，佩尔费托和其他生物黑客们正在将这些工具一一进行开源处理。

比如，一台转动试管、分离溶液中轻重物质的实验室离心分离机价格高达数千美元。但这样一台机器不过是由一台电动机、一个速度控制器和加持试管的轴杆组成。输入“DremelFuge”就能找到3D打印喷头的免费设计，这个喷头可以安装在从硬件商店里买来的任何一台Dremel旋转刀具上，总共花费不到100美元。该设计出自爱尔兰科克郡的生物学家卡瑟尔·加维之手，试管旋转速度可达每分钟33 000转，离心力可达51 000g（专业离心分离机的此数值最大通常为24 000g）。

“DIY生物学”运动的团队还创立了各种项目，从开源磁搅拌机（不使用任何可能导致泄漏的密封物，搅拌液体）到开源海藻生物反应器，培养海藻，生产生物燃料、动物饲料或吸收污染。

现在，生物黑客们的工作大部分都是白费力气，只是在制造标准专业及学术实验室中已有设备和技术的DIY版而已。他们的努力使得实验室设备更廉价、更易获得、可以修改，但使用这些DIY设备工具生产出的产品则与标准的实验室生物学基本一致。不过，DIY信条在另外一些地方则花样翻新。地下合成物化学家生产出了各种违禁药物的变形产品，效果相同，但其化学组成却不足以称为违法。他们与监管者乐此不疲地进行着“猫鼠大战”，学会了在自己的DIY实验室中研制新的化合物，比监管者能够识别并禁止这些物质的速度要快。与大麻中四氢大麻酚性质相似的合成粉末可以在美国的幻觉用品店里合法出售，尽管已经有证据显示这种粉末的危害性甚至比真正的大麻还大。

那不过是化学。如果工具终有一天强大到可以进入生物学和遗传学领域，会发生什么事情？今天，我们在自家厨房里就能放大、识别DNA。未来，我们还可以对DNA排序。之后，就是合成、修改DNA，然后是基因工程。只有少部分专业实验室能够完成此类工作，检测、筛查DNA，这样的日子很快就会结束。那时，人们就会开始对生命“动手动脚”。数千年来，我们一直在做差不多的事情，比如嫁接和农业遗传学，但无论如何还都在自然的范围之内。然而，在实验室里就没有了那么多限制。“DIY生物学”运动的目的就是创立无数新的实验室。为什么只有科学家才能享有那些乐趣呢？

结语 制造业的未来

我们已经能够看到21世纪制造业经济的大概轮廓。

在产品开发领域，“创客运动”的天平偏向于最佳创新模式，而非最廉价的劳动力。已经把“联合创造”或基于社区的开发收入囊中的国家肯定会胜出，这些国家在各领域内找到并充分利用最佳人才和主动性更强的人，因此能够立于不败之地。此类国家里，最具活力的开源社区红红火火，最富创新性的网络公司蓬勃发展。这些价值是在21世纪市场里获得成功的保证。

“创客运动”的兴起预演了怎样的经济未来？

美国等西方国家能否重拾已经丧失的制造业实力，而不是仅凭几个工业巨头衍生出几千个对利基市场各个击破的小公司？

切记科利·多克托罗书中的话：

通用电气、通用磨坊以及通用汽车等大公司的时代已经终结。桌面上的钱就像小小的磷虾：无数的创业机会等待着有创意的聪明人去发现、去探索。

这可以称为商业互联网模型，特点是低准入门槛、快速创新、强烈的创业精神。它是不是制造业的未来？

或者，制造业可以更趋近于真正的互联网，大部分内容均由业余爱好者创造，没有任何创立企业或赢利的想法？

另外一种情况中，未来的“创客运动”更贴近于自给自足的精神——为自己制造产品，而不是创立企业。这更加接近自制计算机俱乐部和《全球概览》的初始想法，不是要建立大公司，恰恰是要把我们自己从大公司中解放出来。

每次我从网上下载设计图纸，在自己的MakerBot上打印实物，却不用跑去某家实体商店或者根本不用进入任何商业交易，我都会思考实体世界还有多长时间才能变得像比特世界一样，有越来越多免费的东西。（我就此经济模式写过一本书。不过，既然我们现在已经沉浸在免费数字产品的“汪洋”中，也就无须对此模型赘言了。）

以创立了“全球乡村建设套件”的在线社区“开源生态”为例，在这一项目中有从小型锯木厂到微型收割机在内的50种机械的开源设计，用以“建设小型现代化文明”。

这可以追根溯源到自给自足的以色列基布兹模式，这一模式为满足人们的需求而建，对集体行动持有哲学信仰；还可以追溯到甘地在印度创立的乡村工业独立模式。当然，我们不会全都自己种粮食，或轻易就放弃商品琳琅满目的大商场。但随着未来有更多的东西可以按需制造，而不是统一生产、装运、储存和出售，你就能看到工业经济被商业利益驱动的成分越来越少，而更加注重社会利益，开源软件目前已经做到了这一点。

我们未来更应该采取哪种制造业模式？

我们的资金会选择更贴近今天的商业互联网模式：准入门槛不断降低，创业精神日益高涨，创新速度日趋加快。在这种情况下，制造业的摆锤会回到最灵活的发达国家，不受相对昂贵的劳动力因素影响。全球化与通信曾经把世界延展成了一个平面，将制造业吸引到了低劳动力成本的发展中国家。李嘉图在19世纪时首次注意到了这一进程，将其描述为“比较优势”的胜利。

现在，我们沿着另一维度再次把世界拓展成了一个平面。由于自动化的应用，劳动力成本在制造业成本中仅占很小份额，并且这一比重仍在下降。比如电子产品中的劳动力成本仅为百分之几，此时，运输成本、时间等因素开始变得重要。

比如，3D Robotics在圣迭戈的工厂基本能以与中国竞争对手相同的价格购买到电器产品制造设备和元件。我们的工人工资更高，但差距正在缩小：圣迭戈工厂中的工人工资为每小时15美元（月工资2 400美元），而在中国大型制造业企业富士康中制造iPhone、iPad等各种电子产品的中国工人的月工资约为400美元。迫于竞争、增强的生产技能和工人活动家的压力，深圳的工人工资在过去5年内已经上涨了50%，而西方国家制造业工人的工资基本维持不变。

3D Robotics位于蒂华纳的新工厂距圣迭戈的工厂20分钟路程，工人工资是美国平均工资的一半（月工资1 200美元），但也是中国工人工资的3倍。我们公司一块定价200美元的自动驾驶仪主板，在墨西哥生产的劳动力成本只比在中国生产高不到1美元，所占产品成本的比例约为1%（只有零售价的0.5%）。房租和电费等成本与在中国的开销水平更加接近。

简言之，对于能够自动化制造的产品（而且越来越多的产品能够以此方式生产），常见的劳动力套利的全球经济演算的重要性正在降低，甚至中国公司也逐渐向自动化生产迁移，除去不断增大的工资压力外，各企业也尽力避免类似于过去几年一直困扰着富士康和苹果公司的劳动环境争议。当然不是所有产品都能够自动化生产，而且你的iPad里还凝结着很多手工劳动。但工业机器人确实越来越廉价、越来越好，而人工成本却在不断上涨。

因此，决定在哪里生产就不仅仅是工资的问题。不过，看看衣服和各类电子产品上的标签，就会知道中国在从电子产品到玩具再到纺织品等各个领域仍然享有巨大优势。原因何在？独一无二的供应链。虽然我们可以在美国和墨西哥进行产品装配，但元件仍然来自中国，我们仍然需要等着元件送达，或是一次性储备多于所需的元件。这种做法消耗成本，降低了灵活性。可是在深圳，所有的零件都在本地制造，你可以从隔壁的供应商那里订购，零件几个小时后就能送达，而我们必须提前数周预订。同样，我们的塑料注塑模型也是在中国生产，因为没有一家美国或墨西哥公司能够承担足以抵消价格劣势的大批量生产。

此时，已能够看到21世纪制造业经济的大概轮廓。

在产品开发领域，“创客运动”的天平偏向于最佳创新模式，而非最廉价的劳动力。已经把“联合创造”或基于社区的开发收入囊中的国家肯定会胜出，这些国家在各领域内找到并充分利用最佳人才和主动性更强的人，因此能够立于不败之地。此类国家里，最具活力的开源社区红红火火，最富创新性的网络公司蓬勃发展。这些价值是在21世纪市场里获得成功的保证。

就制造而言，自动化的普及与精益化将不断弥合东西方之间的差距，又长又脆弱的供应链上的直接与间接成本也在不断增加。柴油燃料每次涨价必然导致从中国运输产品的价格上扬，冰岛的火山爆发或索马里海域的海盗——这些都是全球供应链中的风险因素，也是靠近消费地进行生产的部分原因。我们生活的世界越来越不安定，难以预测，从政治不确定性到货币浮动，每件事情都可能在一瞬间抹去离岸制造的成本优势。

但也千万不能认为这就意味着我们能够重新回到底特律当年的辉煌时代，或者工厂工作能给我们带来中产生活。实际上，这意味着互联网模式将是真正的主宰：在一个全分布式的数字市场中，好的创意随处可见，迅速占领世界。想想异军突起的愤怒的小鸟（诞生于芬兰）和Pinterest（创立于艾奥瓦州），不再是20世纪传统制造业中心和公司一统天下。

虽然互联网蓬勃兴起，但通用汽车和通用电气并未消失，美国电话电报公司和英国电信集团也安然无恙。伴随着长尾效应，新时代终结的不是行业龙头，而是行业龙头的垄断。制造业亦是如此。我们只是会看到更多：在更多的地方有更多的人专注于更多的利基产品，贡献更多的创新。这些新的制造者将共同改变工业经济的面貌，通常一次只有几千个产品诞生，但这些产品正是眼光日益锐利的消费者所需。每家有50万员工、生产大众市场产品的富士康都会有数千家新公司与之对应，这些小公司仅仅瞄准若干利基市场，它们将一起改变制造业的格局。

欢迎进入实物长尾效应。

21世纪大车间：如何成为数字创客

我希望书读至此，你也受到了鼓舞，希望成为一名创客。如何开始？当然，答案取决于你要做什么，而且有多少人问这个问题，就会有多少种答案。制造可以简单如厨房餐桌上的手工制作，也可以复杂如机械工厂。你可以从很多了不起的创客资源中获取指导，包括精彩的《爱上制作》杂志、Instructibles等网站以及各类手工制作杂志和网站。

本书的主题是数字工具的力量，有关桌面制造革命。因此我会在附录中介绍一些写作本书时出现的最佳制造工具，你可以从它们开始自己的创客之路。

我的依据主要是个人经验。我在家中的地下室里有个小小的工作室，配有与孩子们共同完成制作项目所需的各种工具，若干机器人和电子产品，通常用于数字制造，其中包括此处列举的东西。我在此推荐的工具都是我自己的经验之谈。

开始使用CAD软件

为什么？所有数字设计都围绕软件展开，无论是下载设计图还是从零开始创造，你通常都需要使用某种桌面编写程序，以便在电脑上进行设计。

把CAD软件看作制作进程中的文字处理器，只是把你的想法搬上电脑屏幕并进行编辑的方法。从相对简单的免费Google SketchUp，到工程师和建筑设计师使用的数千美元的Solidworks和AutoCAD复杂软件，CAD软件各式各样。

还有各类特殊CAD软件，比如专门用于设计电子产品印刷电路板（如Cadsoft Eagle程序）或是生物分子。但我在本附录中仅会介绍那些能够用于3D打印机、数控机器或激光切割机制造实物的CAD软件。

首先需要明确二维与三维设计之间的区别。某些诸如简易激光切割机的桌面制造机器只能像剪刀一样剪切平面材料，属于二维机器，因此你只需要二维轮廓形象。这在任何一种“向量”绘图软件中都能轻松实现，比如Adobe Illustrator或CorelDRAW。

此类绘图软件与Windows和Mac系统中免费的简单绘画软件相似，不同的是每一线条和形状都是能够单独编辑、移动、拉伸或删除的“物体”。绘图完成后，那些线条会被翻译成激光切割机或简易数控刨槽机上激光头的刀具路径：它们指导刀具头的运动与切割。这些软件简单易

用，你只需要从圆形、长方形等标准形状中选择、拉伸和组合，形成你希望在胶合板、塑料板或薄金属板上切割的图形。

推荐的二维绘图软件

· 免费软件：Inkscape（适用于Windows和Mac系统）

· 付费软件：Adobe Illustrator（适用于Windows和Mac系统）

你需要使用三维绘图软件绘制在3D打印机上打印或在三轴数控机器上制造的更复杂物体。鉴于要在二维的电脑屏幕上绘制三维物体，你需要多做一些头脑和视觉体操。好莱坞和电子游戏产业也用相同的软件设计电脑图形动画，不过你设计出的物体可以使用真实的材料制作出来。绘图过程基本相同，但你要更加仔细，保证实际上要互相接触的部件在设计图中也确实如此，而且部件间不能出现缝隙，以免3D打印机或数控机器无法正确读取（这是所谓的可怕的"漏网"问题）。

使用三维CAD软件时，通常先把长方形和圆形等"几何图元"放置在屏幕上，然后把它们"拉伸出来"形成能够进一步编辑的三维物体。通过组合足够多的此类图形元素，你就能设计从最复杂的机械到人体结构的任何东西。

推荐的三维绘图程序

· 免费软件：Google SketchUp（适用于Windows和Mac系统）

Autodesk 123D（适用于Windows系统）

TinkerCAD（适用于Mac系统）

· 付费软件：Solidworks（适用于Windows和Mac系统）

开始使用3D打印机

为什么？能想，就能做。3D打印机是终极成型工具，是把电脑屏幕上的设计转变成你手中的实物的最快途径。但要知道家用3D打印机目前仍然非常简陋，制作的东西能用但不好看。

几年前，3D打印机的售价还高达数万美元一台，而且只有专业人士才会使用。现在，从RepRap打印机开始兴起的开源项目浪潮，以及随后广受欢迎的MakerBot打印机，使得3D打印机价格跌落到1 000美元以下，在学校、家庭和无数"创客空间"都能看到这类机器的身影。

所有售价在1 000美元左右的3D打印机都通过堆积熔融的ABS塑料制造实物，填送的材料是各种颜色的成卷塑料丝。材料本身坚韧、有弹

性，但不足之处是分辨率仅为0.5毫米。产品外观良好，但与使用激光的专业3D打印机制作出的光滑无缝的产品有明显差别。

我推荐我自己正在使用的MakerBot Replicator 3D打印机。但这一领域发展迅速，因此，在你看到本书时，无疑会有更便宜、更好的选择（其中一些肯定是MakerBot Industries公司的产品）。

把这些早期的消费者级3D打印机看作它们所处时代中的点阵打印机：用来打印草图和原始模型倒还不错，但你可能还是希望由Shapeways或Ponoko这样的专业打印服务商完成最终的产品制作。

推荐的3D打印解决方案

· 打印机：MakerBot Replicator（最佳社区）

Ultimaker（更大、更快，但价格更高）

· 服务商：Shapeways、Ponoko

开始使用3D扫描仪

为什么？正确设置后，3D扫描仪也许能比CAD软件更快地把世界数字化。

制作三维物体最难的部分是确立最初的三维模型。你可以扫描现有物体，然后使用CAD软件中进行修改。这种3D扫描称为“现实捕捉”，通常使用特殊的扫描仪完成，也可以使用普通相机进行多次拍摄后，用智能软件将多幅照片连接而成。

专业级3D扫描仪售价为数千美元。如果拍摄时光线运用得当，你也可以使用数码相机，通过便宜甚至是免费的产品获得非常好的扫描效果。

最简单的方法是使用数码相机从各个角度拍摄物体，然后通过免费的Autodesk 123D Catch软件把照片上传至云系统，照片经过连缀后作为“点云”返回，可以进行旋转及其他处理。最适合此方法的是能够在自然光的不同背景下从多个侧面拍摄的物体，比如椅子，甚至是房间。

对于较小型物体，最好使用独立的3D扫描仪。此种扫描仪包括一个摄像头和一台“结构光”投影仪，能在物体上投射某种已知样式，显示物体的所有细节。如果你使用的是如MakerBot产品等价格不算很高的网络摄像头扫描仪，事后则需要进行大量软件清洁。如果不愿意那么麻烦，就只能选择花费数千美元的专业级3D扫描仪了。如果不经常扫描小型物体，更好的方法是把需要扫描的物体寄送给扫描服务商，完成扫描。

有朝一日，3D扫描仪也会和现在可能已经嵌入桌面一体打印机中的2D平板扫描仪一样普及，不过目前还是略显复杂的技术。捕捉形象比较简单，但是用软件进行清洁以便能在电脑上处理却还是需要比较专业的技能。

推荐的3D扫描解决方案

· 软件：Free Autodesk 123D Catch（适用于iPad和Windows系统）

· 硬件：MakerBot3D扫描仪（需要网络摄像头和微型投影仪）使用免费的Meshlab软件清洁图像

开始使用激光切割

为什么？使用激光切割机，任何人都能制作很酷的东西，从首饰到喂鸟器甚至是家具。只要能在纸上画出图来，就能制作出成品。

使用激光切割机是最简单的数字制造方法，你只需要一份二维图纸或能够使用免费的Autodesk 123D Make应用等软件自动“切片”成二维片层的三维图纸。剩下的工作都由机器完成，使用高功率激光沿着轮廓线切割，能够切割木材、塑料甚至是薄金属板。

虽然激光切割机易于使用，但可能也是家庭制作工作室里最不需要配备的工具，因为你完全可以把文件发送给服务商，几天之后就能拿到成品，而且价格低廉。与更加复杂的三维制造不同，即使不看，你也能知道激光切割之后会得到什么样的物品，而且服务商网站还能帮你选择正确的材料。此外，对于家庭制作工作室来说，激光切割机还是比较昂贵，能够切割任何适当厚度材质的机器最低也要2 000美元左右。在切割塑料时还会散发出非常难闻的气味，因此你还必须保证通风系统良好。

总之，我建议你去技术工坊等本地的“创客空间”使用激光切割机，或是找到服务商帮你制作成品，他们还能帮你采购到便宜的原材料。

推荐的激光切割解决方案

· 服务商：Ponoko.com

· 软件：Autodesk 123D Make（写作本书时，只适用于Mac系统，适用于Windows系统的版本正在开发中）

开始使用数控机器

为什么？此类机器相对易于使用，能够使用几乎任何材料进行制作，而且其桌面版本比激光切割机更便宜、体积更小。

所有3D打印机都使用“加法”技术，即通过多层堆积材料制造物体。也就是说，通常只能使用能够融化的材料。对于售价较低的3D打印机来说，就只限于使用塑料材质。如果希望使用木材或金属等材料制作物品，且花费又不能太大，你最好选择“减法”技术，即能够去除材料的旋转、打磨或切割刀具头。因此，“减法”进程不是使用材料堆积出物体“应该的样子”，而是去除物体“不应该有的”部分。

最简单的数控机器是夹持旋转电动刀具的夹持器，比如能够根据电脑控制在杆的三个方向上（x、y和z）移动的Dremel刀具。电脑上的软件决定三维物体的刀具路径，相应地移动旋转电动刀具头。铣床刀头把材料慢慢打磨到只剩下所需物体的形状。更贵一些的机器使用能够打磨、切割甚至抛光的特殊电动刀具头和刀头。

与激光切割机不同，数控刨槽机和铣床能够在三个维度上精准切割，可以制作多层复杂形状。更贵一些的机器能够在四五个轴上运动，刀头可以旋转进入物体的角落和裂缝中。

初学者可以像用手锯一样使用数控机器，从胶合板等平板材料上准确切割出形状。比较高阶的使用者可以进一步制作更复杂的三维物体，包括用于塑料注塑成型的铝制模型和金属的机器人部件。

推荐的数控解决方案

· 业余爱好者使用（Dremel工具）：MyDIYCNC

· 半专业：ShopBot Desktop

开始使用电子元件

为什么？“创客运动”很大一部分内容是使实物变得更加智能——添加传感器，使用程序控制，联结至互联网。这就是正在兴起的“物联网”，最开始不过就是使用Arduino物理运算板等简单的电子元件。

着手使用数字电子元件时，其实只需要一个Arduino初学者工具包、一块万用表和一把适当的焊接烙铁。根据想要制作的东西，你可能会尝试各种传感器或执行器，比如伺服器或发动机。你现在能找到任何需要的东西，而且还有Sparkfun和Adafruit这样的公司为你提供所需的各种零部件、教程、了不起的产品说明，以及能够提供帮助的大型社区。现在确实是电子元件装配的第二个黄金时代！（第一个黄金时代出现在第二次世界大战后业余无线电爱好运动中，在20世纪70年代幸福牌组装元件包的热潮中达到顶峰。之后，令人费解的微芯片让动手自制的乐趣销声匿迹了二三十年，直到最近几年开源硬件兴起之后，大家才又开始动手敲敲打打地制造东西。）

如果想要更进一步，可以使用数字逻辑分析仪、USB示波器和奇巧

的焊接返修台。但在起步阶段，你需要下列工具，它们的神奇力量比你想象的还强大。

推荐的电子元件装备

· 初学者工具包：Adafruit的廉价Arduino工具包

· 焊接烙铁：Weller WES51焊接台

· 万用表：Sparkfun数字万用表

致谢

本书和我对创客世界的介绍都源自2007年的一个周末，我希望能通过“乐高思维风暴”产品让孩子们对编程和机器人感兴趣。虽然孩子们的反应没有我预想的好，但我自己却开始对此着迷。最终诞生了“乐高无人机”项目，而我狂热地爱上了无人驾驶飞机的研制。所以，我首先要感谢乐高公司出品了那么有智慧的机器人组装玩具包——老少皆宜的快乐！

我还要感谢我的妻子和5个孩子，他们对我的爱好长时间予以支持，还让我在房子上增加了整整一层，作为我的制作工作室（孩子们认为那个部分应该是他们看电视的房间，但我们可以看看那能坚持多久）。而且他们始终和我一起参与其中，每个孩子都找到了我们能一起探索创客世界的项目。

我对创客世界的探索受到了很多启发和引导。奥莱利公司的戴尔·多尔蒂创立了《爱上制作》杂志和创客博览会，是首批抓住正在蓬勃发展的“创客运动”潮流的人之一；马克·弗劳恩菲尔德的热情推动了这项运动的发展。科利·多克托罗的想象向我们展示了这项运动的光辉前景。当然，还有从Hackaday和Makezine到Instructables、Kickstarter、Etsy和Quirky等各类博客和开源社区，它们也功不可没。

在开源式硬件运动中，Arduino项目的马西莫·班兹、Sparkfun公司的内森·西德尔、Adafruit公司的利莫尔·弗里德和菲利普·托伦、MakerBot Industries公司的布雷·佩蒂斯，还有Local Motors公司的杰伊·罗杰斯都是我的重要向导。

工具制造商方面，Autodesk公司的首席执行官卡尔·巴斯和他的团队一直都是我的灵感来源，给了我巨大支持。当然，还有技术工坊的吉姆·牛顿和马克·哈奇，以及Ponoko公司的德瑞克·艾利和戴维·滕·哈弗。

我的热情在《连线》得到了充分的包容和热情的鼓励。我要感谢为我们的杂志找到这些新领域的选题小组（打印、表格与互联网），特别是托马斯·戈茨，他既要兼顾杂志的工作和家庭，同时还撰写书籍——这可不是轻松的任务，对此，我深有体会。邵莎娜·伯格以极富创意的方式与“连线设计”一起将“创客运动”变成了主流媒体阵地。本书脱胎于刊登在《连线》上的一篇文章，包括从中抽取的一些内容，以及我就此主题撰写的其他一些文字中的章节。

最后，我要向我的母亲卡洛塔·安德森表达最热忱的感谢（并将本书献给她）。感谢她用慧眼发现了她的父亲在自己的工作室中的行为不仅是简单的敲敲打打，认识到她自己的孩子终有一天可能会超越前辈。虽然当年并没有意识到，但父母把我送到外公家，和外公一起动手学习的

那些夏天，最终改变了我的人生。仅仅30年，技术领域就改天换地，种子开始发芽。母亲，谢谢你保存了外公的工具、专利和图纸，以便有朝一日能将它们交到我的手上。我以前从未想到现在它们对我的意义如此重大。